

А. Х. СИНЕЛЬНИКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

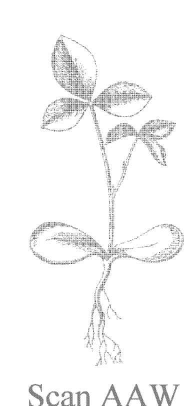
Выпуск 922

А. Х. СИНЕЛЬНИКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ

Издание второе, переработанное и дополненное





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1976

6Ф0.3
С 38
УДК 621.38 : 629.113

Синельников А. Х.

С 38 Электроника в автомобиле. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976.

128 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 922)

В книге подробно описаны практические конструкции контактных и бесконтактных электронных конденсаторных систем зажигания, электронных регуляторов напряжения, а также приборов для обслуживания автомобиля.

Первое издание книги вышло в 1969 г.

Книга рассчитана на широкий круг радио- и автолюбителей.

С $\frac{30404\text{-}495}{051(01)\text{-}76}$ 174-76 6Ф0.3

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

После выхода в свет первого издания книги «Электроника в автомобиле» прошло более 6 лет. За это время автор и редакция Массовой радиобиблиотеки получили большое количество откликов, что свидетельствует о том, что книга в целом вызвала интерес у читателей.

В последние годы разработан целый ряд новых электронных автомобильных приборов. В связи с этим возникла необходимость второго издания книги «Электроника в автомобиле», в которой автор знакомит читателей с последними достижениями в этой области.

Настоящее издание дополнено описанием новых конструкций: бесконтактных систем зажигания для автомобилей «Волга» и «Москвич-412», электронной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением, реле-регулятора генератора постоянного тока и регулятора напряжения генератора переменного тока, автомобильного стробоскопа и тахометра. Приведено описание улучшенной схемы электронного сторожа. Глава «Некоторые усовершенствования конденсаторной системы зажигания» дополнена новыми схемами и рекомендациями.

Автор с благодарностью примет все замечания и пожелания по данной книге, которые следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы требования по обеспечению безопасности пассажиров и к снижению загрязнения атмосферы значительно повысились.

Борьба с загрязнением воздуха привела к разработке новых электронных систем зажигания и впрыска топлива, действующих в совокупности с реконструированными двигателями и каталитическими газоочистителями. Эти системы позволяют достичь более полного сгорания топлива, необходимого для удовлетворения современных стандартов, например федерального стандарта США, предусматривающего снижение к 1975 г. на 90% от уровня 1970 г. содержания окиси углерода и углеводорода в выхлопных газах, а к 1976 г. такое же снижение содержания окислов азота; причем автомобили должны удовлетворять этим стандартам при пробеге не менее 80 тыс. км, что требует создания систем, работающих практически без обслуживания.

Фирма «Фольксваген» (ФРГ) первой среди автомобильных фирм ввела электронную систему впрыска топлива в свои легковые автомобили массового выпуска: электронный блок этой системы содержал более 220 компонентов.

Требования к безопасности пассажиров стимулируют разработку систем с надувными подушками для защиты пассажиров, а также связанных с ними датчиков и электронных систем запуска наполнения. В датчике фирмы «Делко», например, используются два удерживаемых магнитами чувствительных элемента замедления, соединенных последовательно с детонаторами, которые прокалывают баллоны со сжатым воздухом для наполнения подушки. Всей системой управляет диагностическая аналоговая интегральная схема на одном кристалле.

В Японии с целью повышения безопасности движения разработан простой лазерный радиолокатор, предупреждающий водителя об опасном сближении с идущим впереди автомобилем.

Каждый водитель знает, насколько опасен юз при торможении. На помощь здесь также приходит электроника. Антиюзовые электронные системы предотвращают блокировку колес и обеспечивают постепенное изменение тормозного усилия в любых дорожных условиях.

Безопасность движения также повышает электронный сигнализатор скорости автомобиля, сигнализируя водителю в случае ее превышения.

В последние годы автомобильная промышленность почти полностью отказалась от механических контактов в регуляторах на-

пряжения, заменив их электронными на дискретных элементах или интегральных схемах. Замена электромеханических регуляторов электронными позволяет повысить надежность и долговечность электрооборудования автомобиля и упростить его обслуживание. Например, для автомобиля «Волга» серийно выпускается электронный регулятор напряжения типа РР-350.

Дополнительные удобства эксплуатации автомобиля создает электронная система регулирования скорости. В этой системе используется запоминающее устройство (ЗУ) на полевых МОП-транзисторах. Для включения ЗУ водитель нажимает на кнопку «уставка и ускорение», расположенную на рулевом колесе, и держит ее нажатой до тех пор, пока автомобиль не наберет нужной скорости с постоянным, не зависящим от профиля дороги, ускорением. Если водитель отпустит кнопку, скорость поддерживается автоматически. Для уменьшения скорости имеется кнопка «уставка и замедление». Система автоматически отключается при нажатии на тормозную педаль.

Электроника используется также в системе переключения передач. Переключение передач осуществляется гидромеханическим блоком по командам электронного управляющего устройства, на вход которого поступают сигналы, несущие информацию о скорости автомобиля и положении педали акселератора. На основе этих сигналов управляющее устройство выбирает оптимальную передачу и сравнивает ее с действительной. Если они не согласуются, то управляющее устройство вырабатывает сигнал, по которому гидромеханический блок выключает сцепление и включает соответствующую передачу.

Среди других вспомогательных систем, в которых применяется электроника, следует отметить электронные системы управления стеклоочистителем, работающие как в прерывистом, так и в непрерывном режимах с регулируемым интервалом между взмахами: электронные противоугонные устройства («сторожа»), предотвращающие проникновение в салон или багажник автомобиля посторонних лиц и запуск двигателя этими лицами; электронные спидометры и тахометры, в том числе цифровые с индикацией непосредственно на лобовом стекле автомобиля; электронные переключатели «дальний—ближний» свет, а также электронные регуляторы положения рефлекторов фар, позволяющие предотвратить ослепление водителей встречного транспорта при чрезмерной загрузке задней оси автомобиля.

Интересным электронным устройством для автомобиля является разработанный фирмой «Делко Электроникс» прибор для блокировки запуска двигателя опьяневшим водителем — «тестер трезвости». Этот прибор, выполненный на интегральных схемах, снабжен клавиатурой телефонного типа и пятизначным цифровым индикатором. Для запуска двигателя водитель должен включить прибор, который в течение примерно 1 с воспроизводит случайное пятизначное число. Затем водитель должен в течение 3 с набрать показанное число на клавиатуре. Если водитель оказывается неспособным выполнить эту задачу с трех попыток, то двигатель нельзя запустить в течение последующих 30 мин.

С увеличением числа задач, решаемых с помощью электроники на автомобиле, в будущем, очевидно, станет более предпочтительным применение одного центрального цифрового электронного блока (процессора), что позволит осуществить многоцелевое исполь-

зование компонентов и подсистем и снизить стоимость электронного оборудования автомобиля. С помощью такого блока можно будет одновременно управлять, например, системой зажигания, впрыском топлива и противоблокировочными тормозами, причем добавление каких-либо новых функций будет требовать лишь добавления новых датчиков.

Электроника также широко применяется в контрольно-поверочной аппаратуре для обслуживания автомобилей, например в приборах для проверки и регулировки систем зажигания, балансировки колес и т. п.

В данной брошюре подробно описаны практические конструкции ряда автомобильных электронных приборов, доступных для изготовления в любительских условиях подготовленными авто- и радиолюбителями. Для более полного ознакомления со сложными системами автомобильной электроники (электронные системы впрыска, антиюзовые системы, локаторы столкновения и т. п.), изготовление которых в любительских условиях затруднительно, в списке литературы, помещенном в конце книги, указаны соответствующие источники [45—57].

ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Подавляющее большинство современных автомобилей оборудовано батарейной системой зажигания, которая без каких-либо существенных изменений применяется почти с момента изобретения автомобиля. Однако двигатели автомобилей с тех пор претерпели значительные изменения. Современные двигатели высокооборотны и имеют высокую степень сжатия.

Батарейная система зажигания на сегодняшний день технически устарела и вследствие ряда присущих ей принципиальных недостатков стала тормозом на пути дальнейшего совершенствования автомобильных двигателей. Поэтому как у нас в стране, так и за рубежом проводятся многочисленные исследования, имеющие целью усовершенствовать батарейную систему зажигания или заменить ее принципиально иной, с лучшими техническими характеристиками.

Так, например, разработаны пьезоэлектрические системы зажигания с помощью электростатических генераторов [4]. Известны также низковольтные системы зажигания с высокочастотными трансформаторами и полупроводниковыми свечами, где поверхностный разряд воспламеняет рабочую смесь [1]. Однако эти системы зажигания в ближайшее время вряд ли будут устанавливаться на автомобилях, так как пока не преодолены некоторые присущие им недостатки.

Неоднократно возникали идеи создания систем зажигания с использованием электронных ламп. Однако практического применения такие системы не нашли вследствие громоздкости электронных блоков на лампах и необходимости иметь высоковольтный источник питания (150—300 В).

Реальная возможность создания электронных систем зажигания возникла с появлением широкого класса полупроводниковых приборов: транзисторов, тиристоров, диодов, стабилитронов.

В настоящее время распространение получили две принципиально различные электронные системы зажигания — с накоплением энергии в индуктивности и в емкости. Первую из них называют транзисторной, а вторую — тиристорной (по названию основного полупроводникового элемента, применяемого в этих системах).

Ниже рассмотрены обе эти системы, однако прежде необходимо познакомиться с работой обычной батарейной системы зажигания.

1. Батарейная система зажигания

Принципиальная схема батарейной системы зажигания приведена на рис. 1. Система состоит из следующих элементов:

источника тока — аккумуляторной батареи *E*;

катушки зажигания (индукционной катушки) *1* для получения высоковольтного импульса, вызывающего искрообразование между электродами свечи:

прерывателя *Пр*, состоящего из пластины *2*, рычажка *3* с подушечкой *4* из изоляционного материала, подвижного *5* и неподвижного *6* контактов прерывателя, кулачка *7*, имеющего число граней, равное числу цилиндров двигателя;

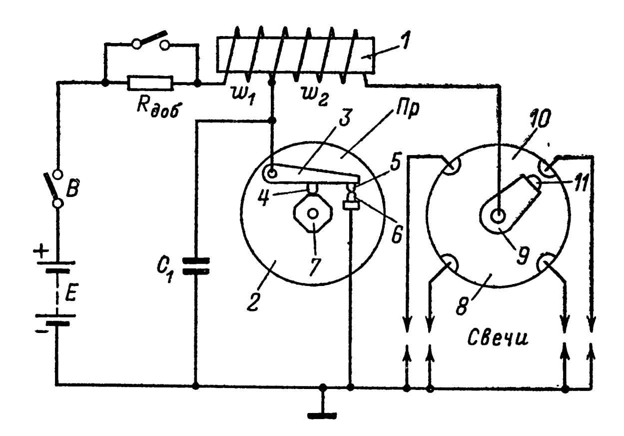


Рис. 1. Принципиальная схема батарейной системы зажигания.

искрогасительного конденсатора C_1, уменьшающего искрение между контактами и являющегося составным элементом колебательного контура, образующегося в первичной цепи после размыкания контактов прерывателя;

распределителя *8*, состоящего из бегунка *9* и крышки *10* с неподвижными электродами, число которых равно числу цилиндров двигателя. Бегунок имеет на конце электрод *11*. Бегунок распределителя находится на оси кулачка прерывателя, которая вращается с частотой, вдвое меньшей частоты вращения коленчатого вала;

выключателя зажигания *В* для включения и выключения системы зажигания;

добавочного резистора $R_{доб}$, улучшающего характеристики системы зажигания в момент запуска двигателя (замыкается накоротко).

Работа батарейной системы зажигания происходит следующим образом. При вращении вала двигателя вращается кулачок и контакты прерывателя попеременно замыкаются и размыкаются. После замыкания контактов при замкнутом выключателе зажигания через первичную обмотку катушки зажигания w_1 протекает ток,

нарастающий от нуля до некоторого значения, определяемого параметрами первичной цепи и временем, в течение которого контакты замкнуты. Протекание тока через первичную обмотку вызывает образование магнитного потока в сердечнике катушки зажигания и накопление электромагнитной энергии.

После размыкания контактов прерывателя ток проходит через конденсатор C_1 и в контуре, образованном этим конденсатором и первичной обмоткой, возникают затухающие колебания. Так как

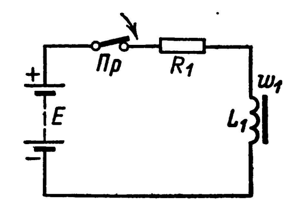


Рис. 2. Схема замещения батарейной системы зажигания после замыкания контактов прерывателя.

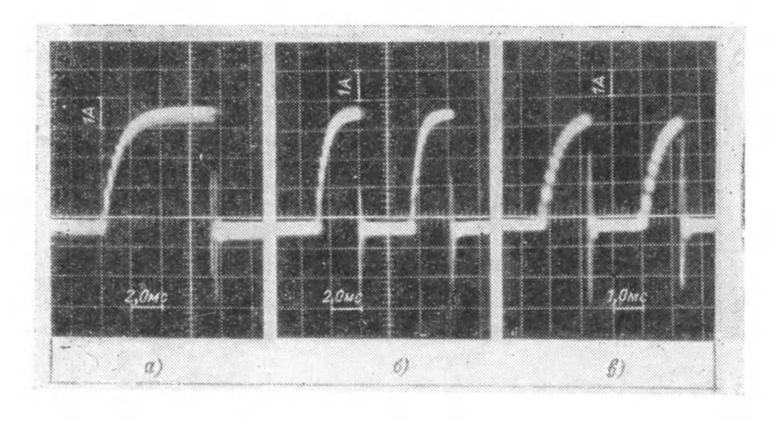


Рис. 3. Осциллограммы первичного тока батарейной системы зажигания при различных частотах вращения коленчатого вала двигателя.
а — малые обороты; *б* — средние обороты; *в* — большие обороты.

катушка зажигания представляет собой импульсный трансформатор с большим коэффициентом трансформации (около 100), то в результате переходного процесса в первичной цепи во вторичной обмотке возникает высокое напряжение, достигающее 15—30 кВ. Распределение высокого напряжения по соответствующим цилиндрам производится распределителем.

В тот момент, когда нарастающее напряжение во вторичной обмотке достигает значения пробивного напряжения свечи зажигания, происходит пробой ее искрового промежутка с последующими разрядными процессами.

Контакты прерывателя остаются некоторое время разомкнутыми, после чего вновь замыкаются и весь цикл работы системы

зажигания повторяется, причем высокое напряжение подводится к следующему по циклу работы цилиндру двигателя.

Цикл работы батарейной системы зажигания может быть разбит на следующие два этапа: нарастание первичного тока после замыкания контактов прерывателя и процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя.

НАРАСТАНИЕ ПЕРВИЧНОГО ТОКА ПОСЛЕ ЗАМЫКАНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ

Полагая, что вторичная цепь практически не влияет на процесс нарастания первичного тока, будем считать ее разомкнутой. Тогда схема замещения для данного этапа примет вид, показанный на рис. 2.

Первичный ток после замыкания контактов возрастает по экспоненциальному закону (рис. 3):

$$i_1 = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-t/\tau_1}\right),$$

где E — напряжение аккумуляторной батареи; R_1 и L_1 — сопротивление и индуктивность первичной обмотки катушки зажигания; t — время; $\tau_1 = L_1/R_1$ — постоянная времени первичной цепи.

В начальный момент времени (при $t=0$) ток $i_1=0$. При $t=3\tau_1$ первичный ток практически достигает установившегося значения. Применительно к современным автомобильным катушкам зажигания первичный ток достигает установившегося значения примерно через 0,02 с после замыкания контактов прерывателя.

Во время нарастания первичного тока в первичной и вторичной обмотках наводятся э. д. с., убывающие по экспоненциальному закону:

$$e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} = -Ee^{-\frac{t}{\tau_1}}; \qquad e_2 = -M \frac{di_1}{dt} = -\frac{M}{L_1} Ee^{-\frac{t}{\tau_1}},$$

где M — коэффициент взаимоиндукции между обмотками.

Вследствие малой скорости нарастания первичного тока э. д. с., наводимая во вторичной цепи, мала (800—1200 В) и пробоя искрового промежутка свечи не происходит. Через некоторое время контакты прерывателя размыкаются. Значение тока разрыва $i_р$ при прочих равных условиях зависит от времени $t_з$, в течение которого контакты замкнуты (если, конечно, $t_з < 3\tau_1$):

$$I_р = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{t_з}{\tau_1}}\right).$$

Время $t_з$ в свою очередь зависит от частоты вращения вала двигателя n и числа его цилиндров $N_ц$.

Введем обозначение $\gamma_з = t_з/T$ — относительная замкнутость контактов, где T — время полного периода работы прерывателя для четырехтактного двигателя, определяемое выражением

$$T = \frac{120}{N_ц n}.$$

Тогда время, в течение которого контакты замкнуты, составит:

$$t_з = \gamma_з T = \gamma_з \frac{120}{N_ц n},$$

а ток разрыва

$$I_р = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1}\gamma_з \frac{120}{N_ц n}}\right). \qquad (1)$$

Как следует из выражения (1), ток разрыва $I_р$ уменьшается с увеличением частоты вращения коленчатого вала и числа цилиндров двигателя и увеличивается с увеличением относительной замкнутости контактов, которая определяется формой кулачка и величиной зазора прерывателя, и от скорости вращения коленчатого вала двигателя не зависит. Ток разрыва зависит также от электрических параметров первичной цепи. Он пропорционален напряжению аккумуляторной батареи, возрастает с уменьшением сопротивления резистора R_1 и уменьшается с увеличением индуктивности L_1.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПОСЛЕ РАЗМЫКАНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ

На рис. 4 дана упрощенная схема замещения системы зажигания для рассматриваемого этапа рабочего процесса. При ее составлении сделаны следующие допущения: устранена гальваническая

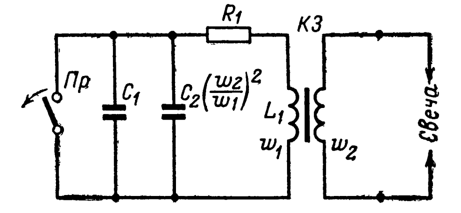


Рис. 4. Схема замещения батарейной системы зажигания после размыкания контактов прерывателя.

связь между обмотками катушки зажигания, искровой контакт распределителя заменен скользящим, распределенные емкости вторичной цепи (емкости свечи, распределителя, вторичной обмотки катушки зажигания, высоковольтных проводов и т. д.) заменены одной сосредоточенной емкостью C_2, коэффициент связи между обмотками катушки зажигания w_1 и w_2 принят равным единице, отсутствует шунтирование вторичной цепи, принято, что размыкание первичного тока контактами прерывателя *Пр* происходит мгновенно, не учитывается незначительное напряжение аккумуляторной батареи, а ее внутреннее сопротивление принято равным нулю.

Согласно схеме замещения после размыкания контактов в первичной цепи образуется колебательный контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки L_1 и суммы емкостей искрогасительного конденсатора (C_1 и C_2), приведенного к первичной обмотке.

Потери в контуре определяются сопротивлением резистора R_1. В момент разрыва контактов в магнитном поле катушки зажигания запасена энергия, равная $W_L = L_1 i_р^2/2$. Вследствие этого после раз-

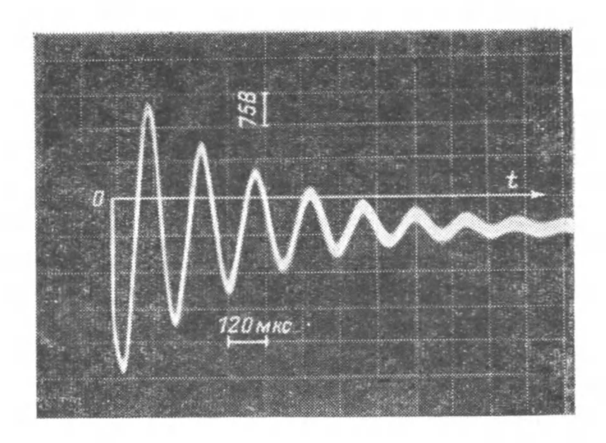


Рис. 5. Осциллограмма напряжения на первичной обмотке катушки зажигания в батарейной системе после размыкания контактов прерывателя (напряжение на контактах прерывателя).

мыкания контактов в первичном контуре возникают собственные затухающие колебания (рис. 5). Положив $R_1=0$ и пренебрегая влиянием процессов, происходящих при этом во вторичной цепи, получим частоту колебаний в первичном контуре равной:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1\left[C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2\right]}}.$$

Амплитуда напряжения первой полуволны колебаний на первичной обмотке катушки зажигания L_1 при этом будет равна*:

$$U_{1\text{макс}} = I_p \rho = I_p \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}},$$

где $\rho = \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}$ — волновое сопротивление контура.

* Напряжение на контактах прерывателя (на конденсаторе C_1) повторяет форму напряжения на первичной обмотке катушки зажигания, но имеет противоположную фазу.

Максимум вторичного напряжения соответственно равен:

$$U_{2макс} = I_р \frac{w_2}{w_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}\,. \qquad (2)$$

Выражения (1) и (2) позволяют исследовать зависимость максимума вторичного напряжения от параметров цепи зажигания, характеристики режима работы двигателя.

Из выражения (2) следует, что максимум вторичного напряжения $U_{2\,макс}$ в значительной степени определяется соответствующим значением тока в первичной цепи, достигаемым к моменту размыкания контактов прерывателя, т. е. током разрыва $I_р$.

Из рассмотрения выражений (1) и (2), а также осциллограмм (рис. 3) вытекает *первый принципиальный недостаток батарейной системы зажигания, а именно снижение вторичного напряжения по мере повышения числа оборотов коленчатого вала двигателя и увеличения числа его цилиндров.*

Действительно, с увеличением числа оборотов коленчатого вала или увеличением числа цилиндров двигателя уменьшается время замкнутого состояния контактов прерывателя, вследствие чего снижается ток в первичном контуре в момент размыкания контактов прерывателя. Поэтому вторичное напряжение катушки зажигания, пропорциональное току разрыва $I_р$, также уменьшается с увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя.

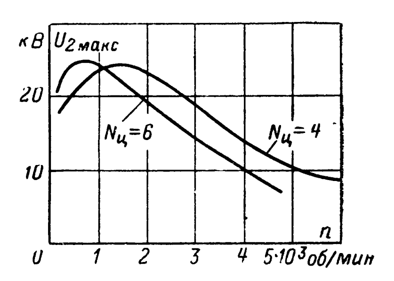


Рис. 6. Экспериментальные зависимости максимума вторичного напряжения $U_{2\,макс}$ в батарейной системе зажигания от частоты вращения коленчатого вала и числа цилиндров двигателя.

На рис. 6 приведены экспериментальные зависимости максимума вторичного напряжения $U_{2макс}$ от частоты вращения коленчатого вала двигателя при числе цилиндров $N_ц$, равном четырем и шести. Как видно из рисунка, в области средних и больших оборотов двигателя кривая при $N_ц=4$ лежит выше кривой при $N_ц=6$, что объясняется большим временем замкнутости состояния контактов прерывателя при меньшем числе цилиндров.

Кроме того, из кривых на рис. 6 видно, что снижение вторичного напряжения наблюдается при малых оборотах коленчатого вала двигателя, хотя теоретически в соответствии с выражением (2) оно должно было бы оставаться постоянным, поскольку при малых оборотах коленчатого вала ток разрыва достигает установившегося значения (см. рис. 3, *а*).

Снижение вторичного напряжения при малых оборотах коленчатого вала двигателя объясняется возникновением дугового разряда между контактами прерывателя вследствие уменьшения скорости размыкания контактов, когда напряжение на контактах возрастает быстрее, чем восстанавливается (увеличивается) электрическая прочность междуконтактного пространства.

Дугообразование на контактах вызывает значительные потери энергии, вследствие чего напряжение $U_{2\,макс}$ уменьшается. Интенсивность дугообразования усиливается с уменьшением скорости размыкания контактов, вследствие чего кривая вторичного напряжения имеет максимум при определенных оборотах коленчатого вала двигателя.

Таким образом, *снижение вторичного напряжения на малых оборотах коленчатого вала двигателя является вторым принципиальным недостатком батарейной системы зажигания.* Устранить этот недостаток соответствующим выбором емкости искрогасительного конденсатора практически невозможно. В самом деле, при уменьшении емкости конденсатора C_1 в соответствии с выражением (2) вторичное напряжение должно было бы увеличиваться и достигать максимума при $C_1=0$. Однако на практике значительное уменьшение емкости C_1 снижает вторичное напряжение, так как при этом усиливается дугообразование и, следовательно, возрастают потери. При чрезмерном увеличении емкости конденсатора C_1 вторичное напряжение, как это следует из выражения (2), также снижается. Практически емкость конденсатора C_1 выбирают в пределах от 0,15 до 0,35 мкФ.

Вторичное напряжение, развиваемое батарейной системой зажигания, также значительно снижается при загрязнении свечей и увеличении емкости C_2.

При работе свечи на двигателе изолятор ее покрывается нагаром, вследствие чего параллельно искровому промежутку образуются токопроводящие мостики, создающие шунтирующее сопротивление $R_ш$. Часть вторичного тока протекает через шунтирующее сопротивление, создавая дополнительные потери энергии, вследствие чего значение максимума вторичного напряжения $U_{2\,макс}$ уменьшается. Значение шунтирующего сопротивления $R_ш$ обычно находится в пределах 3—6 МОм.

При сильно загрязненных свечах ($R_ш=0{,}25\div0{,}5$ МОм) ток утечки и вызываемые им потери могут настолько уменьшить напряжение $U_{2макс}$, что оно станет ниже пробивного напряжения свечи, и воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя не произойдет.

Образование токопроводящего нагара на изоляторе автомобильной свечи зажигания часто наблюдается в процессе эксплуатации. Поэтому способность системы зажигания развивать достаточное вторичное напряжение при наличии определенного шунтирующего сопротивления является важным оценочным фактором.

Значение вторичного напряжения $U_{2\,макс}$, как это следует из выражения (2), уменьшается также с увеличением емкости вторичной цепи C_2.

Емкость вторичной цепи C_2 при неэкранированных проводниках определяется прежде всего собственной емкостью вторичной обмотки катушки зажигания и практически не бывает меньше 40—70 пФ, а в случае применения экранированных проводов увеличивается до 150—200 пФ, поэтому способность системы зажигания развивать до-

статочное напряжение при наличии определенной емкости во вторичной цепи также является важной ее характеристикой.

Наличие $R_ш$ и C_2 снижает диапазон бесперебойной работы батарейной системы зажигания.

Значительное снижение вторичного напряжения при уменьшении $R_ш$ и увеличении C_2 является третьим принципиальным недостатком батарейной системы зажигания.

Из выражений (1) и (2) видно, что напряжение $U_{2\,макс}$ можно повысить, увеличивая индуктивность первичной обмотки катушки зажигания или ток разрыва $I_р$. Кроме того, $U_{2\,макс}$ зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания, равного w_2/w_1.

Однако увеличение индуктивности L_1 неизбежно приводит к чрезмерному снижению вторичного напряжения при больших оборотах коленчатого вала двигателя и резкому сокращению срока службы контактов прерывателя. Опыт эксплуатации батарейного зажигания, а также теоретические исследования [2] показывают нецелесообразность дальнейшего увеличения индуктивности первичной обмотки катушки зажигания сверх общепринятых в настоящее время значений.

Увеличение же тока разрыва $I_р$ ограничивается электроэрозионной стойкостью контактов прерывателя. В настоящее время контакты изготовляют из вольфрама, являющегося наиболее эрозионно-стойким материалом. Однако, несмотря на это, контакты прерывателя так сильно нагружены, что на восьмицилиндровых двигателях, например, их хватает на 20 000—30 000 км пробега автомобиля.

Степень влияния коэффициента трансформации w_2/w_1 на величину $U_{2\,макс}$ зависит от сопротивления $R_ш$, в которое, кроме сопротивления нагара на изоляторе свечи зажигания, входят сопротивление изоляции катушки зажигания, магнитные потери в ее сердечнике, а также сопротивление изоляции распределителя и высоковольтных проводов.

При отсутствии утечки во вторичной цепи ($R_ш = \infty$) значение $U_{2\,макс}$, как это следует из выражения (2), возрастает с увеличением w_2/w_1 и стремится к своему пределу:

$$(U_{2макс})_{w_2/w_1 \to \infty} = i_р \sqrt{\frac{L_1}{C_2}}.$$

Однако этот случай нереален, так как утечки во вторичной цепи всегда есть. При этом для каждого значения $R_ш$ имеется свое наибольшее значение $U_{2\,макс}$, соответствующее определенному значению коэффициента трансформации w_2/w_1 (рис. 7) [1].

Увеличение коэффициента трансформации выше определенного значения при наличии шунтирующих сопротивлений во вторичной цепи приводит к уменьшению вторичного напряжения. Коэффициент трансформации современных катушек батарейной системы зажигания лежит в пределах от 55 до 95, что близко к его оптимальному значению. В связи с этим дальнейшее увеличение коэффициента трансформации катушек зажигания не может дать ощутимого увеличения вторичного напряжения.

На основании изложенного можно сделать вывод, что батарейная система зажигания, достигнув определенного совершенства, ис-

черпала себя, и получить какое-либо дальнейшее существенное улучшение ее параметров не представляется возможным.

Вместе с тем в настоящее время четко определились следующие тенденции в развитии массовых автомобильных карбюраторных двигателей, предъявляющие требования к системе зажигания: увеличение степени сжатия, повышение числа оборотов, увеличение количества цилиндров (для двигателей грузовых автомобилей).

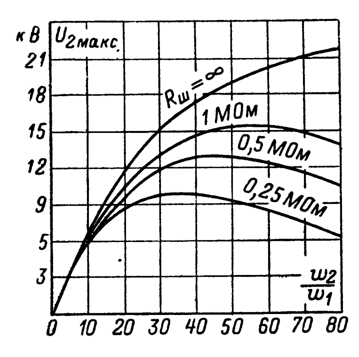


Рис. 7. Зависимость максимума вторичного напряжения $U_{2\,макс}$ в батарейной системе зажигания от коэффициента трансформации катушки зажигания w_2/w_1 при различных значениях шунтирующего вторичную обмотку сопротивления $R_ш$.

Повышение степени сжатия приводит к повышению пробивного напряжения свечи, что требует повышения вторичного напряжения, развиваемого системой зажигания.

Применение антидетонационных присадок к топливу, диктуемое повышением степени сжатия, часто приводит к активному отложению на изоляторе свечи токопроводящих частиц, т. е. уменьшению сопротивления, шунтирующего вторичную цепь. Это обстоятельство выдвигает требование к системе зажигания иметь крутой фронт вторичного напряжения, что обеспечивает работоспособность системы зажигания при низких значениях шунтирующего сопротивления (подробно об этом см. в § 2).

Увеличение числа цилиндров с одновременным увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя также требует улучшения характеристик системы зажигания.

Повышение чувствительности радио- и телевизионной аппаратуры, а также увеличение общего количества автомобилей требуют более полного подавления радиопомех, создаваемых системой зажигания. Эффективной мерой подавления радиопомех является полное или частичное экранирование системы зажигания с неизбежным увеличением емкости вторичной цепи, что вызывает снижение вторичного напряжения и требует увеличения мощности системы зажигания.

Из изложенного выше следует, что требования к автомобильным системам зажигания непрерывно возрастают и батарейная система зажигания в настоящее время уже не может полностью удовлетворить эти требования. Этим и объясняется появление в последние годы принципиально новых систем зажигания с лучшими характеристиками.

Новые автомобильные системы зажигания должны обеспечить значительное увеличение вторичного напряжения без электрической перегрузки контактов прерывателя; устранить существующую закономерность снижения вторичного напряжения на малых и больших

оборотах двигателя; быть малочувствительными к шунтированию вторичной цепи и значительным величинам емкости вторичной цепи C_2; обладать высокой надежностью и долговечностью и быть простыми в обслуживании.

2. Транзисторная система зажигания

Транзисторные системы зажигания (рис. 8) состоят в основном из тех же элементов, что и обычная батарейная система (см. рис. 1), и отличаются от нее наличием транзистора T_1, резисторов R_1R_2 и отсутствием конденсатора C_1, ранее шунтировавшего контакты прерывателя.

Работает система зажигания следующим образом. Когда контакты прерывателя *Пр* разомкнуты, транзистор T_1 заперт и ток в первичной обмотке катушки зажигания w_1 отсутствует. При замыкании контактов транзистор T_1 отпирается и через первичную обмотку катушки зажигания w_1 начинает протекать ток, нарастающий от нуля до некоторого значения, определяемого параметрами первичной цепи и временем, в течение которого контакты замкнуты. В сердечнике катушки накапливается электромагнитная энергия. При размыкании контактов прерывателя транзистор T_1 запирается и ток в первичной обмотке катушки зажигания резко уменьшается. При этом во вторичной обмотке катушки зажигания w_2 возникает высокое напряжение, которое через обычный распределитель поступает к соответствующей свече зажигания.

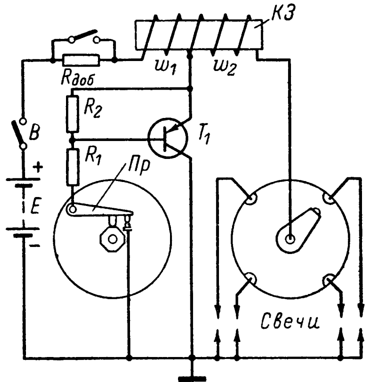


Рис. 8. Принципиальная схема транзисторной системы зажигания.

Резистор R_1 служит для ограничения тока базы транзистора T_1, а резистор R_2 обеспечивает надежное запирание транзистора, когда контакты прерывателя разомкнуты.

Особенностью такой системы является то, что в ней контакты прерывателя коммутируют только незначительный ток базы транзистора T_1, в то время как ток через первичную обмотку катушки зажигания коммутируется транзистором. Указанная особенность позволяет устранить основные недостатки, присущие обычной батарейной системе зажигания.

Вторичное напряжение $U_{2\,макс}$, развиваемое катушкой зажигания в этой системе, может быть повышено в значительных пределах, ибо увеличение тока разрыва $i_р$ уже не ограничивается стойкостью контактов прерывателя, а зависит только от параметров транзистора. При этом, однако, следует иметь в виду, что преимущества транзисторной системы зажигания могут быть реализованы лишь при применении специальной катушки зажигания, имеющей низкоомную первичную обмотку с малой индуктивностью и большой коэффициент

трансформации. В этом случае ток в первичной обмотке будет достигать установившегося значения за более короткое время, чем в обычной батарейной системе зажигания, а необходимая энергия искрообразования и вторичное напряжение достигаются соответствующим увеличением тока разрыва и коэффициента трансформации [см. выражения (1) и (2)].

Необходимость в специальной катушке зажигания делает транзисторную систему малопригодной для изготовления в любительских условиях. Действительно, далеко не всякий радио- или автолюбитель сможет самостоятельно изготовить специальную катушку зажигания. Применять же транзисторную систему зажигания с обычной катушкой нецелесообразно, так как при этом, кроме увеличения срока службы контактов прерывателя, никаких преимуществ получить не удастся. Более того, в результате неизбежного падения напряжения в транзисторах общая энергия искрообразования уменьшится, как это, например, имеет место при применении прибора ППЗ-1 [42], где в цепь первичной обмотки катушки последовательно включены три транзистора*.

В случае же если автолюбителю удастся изготовить или приобрести специальную катушку зажигания (например, типа Б114), ему придется возить с собой еще и обычную катушку на случай выхода транзисторной системы из строя, так как специальную катушку подключать непосредственно к контактам прерывателя по классической схеме нельзя.

К недостаткам транзисторной системы зажигания (со специальной катушкой) следует отнести также большую потребляемую мощность, которая при неработающем двигателе и замкнутых контактах прерывателя достигает 100 Вт (имеется в виду отечественная контактно-транзисторная система ТК-102 с катушкой Б114, устанавливаемая на грузовых автомобилях ЗИЛ-130), а при работающем двигателе — 60 Вт, что вдвое превышает потребляемую мощность обычной батарейной системы зажигания. Последний недостаток делает нежелательным применение транзисторной системы зажигания на легковых автомобилях, оборудованных аккумулятором небольшой емкости.

На основании изложенного можно сделать вывод о нецелесообразности изготовления транзисторной системы зажигания в любительских условиях, тем более что описываемая в следующем параграфе конденсаторная (тиристорная) система зажигания свободна от указанных недостатков и обладает рядом преимуществ по сравнению с транзисторной.

Более подробно с транзисторными системами можно ознакомиться в [7].

3. Конденсаторная система зажигания

В конденсаторной системе зажигания энергия искрообразования накапливается не в магнитном поле катушки зажигания, как это имеет место в батарейной или транзисторной системе, а в электри-

---

* Этот недостаток в какой-то мере можно было бы устранить, включив вместо трех низковольтных транзисторов один высоковольтный на напряжение 300—400 В, однако в настоящее время такие транзисторы промышленностью не выпускаются.

ческом поле специального накопительного конденсатора, который в нужные моменты времени подключается к катушке зажигания.

Принцип действия конденсаторной системы зажигания позволяет устранить недостатки, присущие батарейной системе, и получить лучшие характеристики.

На рис. 9 приведена принципиальная схема конденсаторной системы зажигания. Как видно, новыми по сравнению с батарейной системой зажигания элементами являются преобразователь напряжения *ПН*, накопительный конденсатор C_1, коммутатор *К* и схема управления *СУ*.

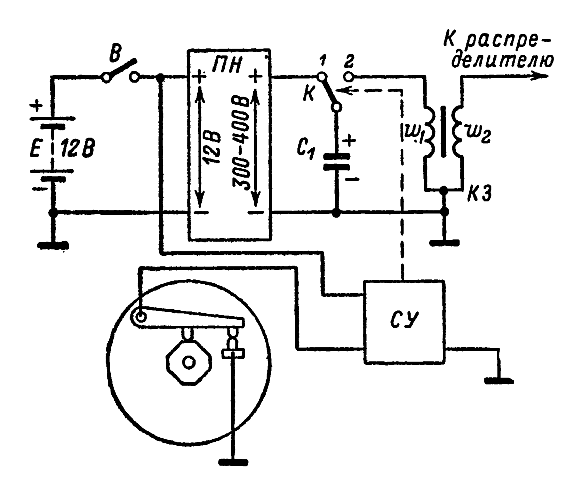


Рис. 9. Принципиальная схема конденсаторной системы зажигания.

Преобразователь преобразует низкое напряжение аккумуляторной батареи 12 В в высокое 300—400 В.

В накопительном конденсаторе накапливается энергия искрообразования. Коммутатор подключает накопительный конденсатор то к выходу преобразователя, то к первичной обмотке катушки зажигания.

Схема управления управляет работой коммутатора. Назначение остальных элементов то же, что и в обычной батарейной системе зажигания.

Конденсаторная система зажигания работает следующим образом. При вращении вала двигателя вращается кулачок и контакты прерывателя попеременно размыкаются и замыкаются. При замыкании контактов сигнал от схемы управления устанавливает коммутатор в положение *1*. На выходе преобразователя имеется высокое напряжение 300—400 В, до которого заряжается накопительный конденсатор.

В момент размыкания контактов прерывателя схемы управления вырабатывает сигнал, переключающий коммутатор в положение *2*. Заряженный до высокого напряжения накопительный конден-

сатор оказывается подключенным к первичной обмотке катушки зажигания. В контуре, образованном конденсатором C_1 и первичной обмоткой w_1, возникают затухающие синусоидальные колебания, амплитуда напряжения первой полуволны которых близка к напряжению заряда накопительного конденсатора.

Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, достигающее 20—30 кВ.

Так же как и в батарейной системе зажигания, цикл работы может быть разбит на два этапа: заряд накопительного конденсатора после переключения коммутатора в положение *1* и процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение *2*.

ЗАРЯД НАКОПИТЕЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА ПОСЛЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ КОММУТАТОРА В ПОЛОЖЕНИЕ 1

Полагая, что вторичная цепь катушки зажигания практически не влияет на процесс заряда накопительного конденсатора, представим схему замещения для этого этапа так, как это сделано на рис. 10. Согласно схеме цепь, состоящая из накопительного кон-

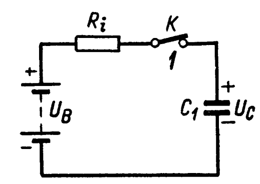


Рис. 10. Схема замещения конденсаторной системы зажигания после переключения коммутатора в положение *1*.

денсатора C_1 и резистора R_i, сопротивление которого равно внутреннему сопротивлению преобразователя, с помощью коммутатора подключается к источнику постоянного напряжения $U_В$, которым является преобразователь.

Напряжение на конденсаторе возрастает по экспоненциальному закону

$$u_C = U_B\left(1 - e^{-t/\tau}\right),$$

где $\tau = R_i C_1$ — постоянная времени цепи заряда конденсатора.

Через время $t = 3\tau$ напряжение на конденсаторе C_1 практически достигает установившегося значения $u_C = U_В$. Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, при этом будет равна:

$$W_C = \frac{C_1 U_В^2}{2}. \qquad (3)$$

Необходимым условием нормальной работы конденсаторной системы зажигания является полный заряд конденсатора C_1 до напряжения $U_В$ за время между двумя искрами при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, т. е. выполнение неравенства

$$\tau = R_i C_1 \leqslant \frac{360}{N_ц n_{макс}},$$

где $N_ц$ — число цилиндров двигателя; $n_{макс}$ — максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин. Это неравенство справедливо для четырехтактного двигателя. Для двухтактного двигателя в числителе неравенства должно быть 180.

На практике выполнение этого неравенства не встречает затруднений. Задавшись определенной энергией W_C и выбрав значение выходного напряжения преобразователя $U_В$, из выражения (3) определяют емкость накопительного конденсатора C_1. Сопротивление же резистора R_i определяется выходным сопротивлением преобразователя. Чем больше мощность преобразователя, тем меньше его выходное сопротивление.

Применяя достаточно мощный преобразователь, можно добиться того, чтобы энергия W_C, а значит, и вторичное напряжение были постоянными вплоть до самой высокой частоты вращения коленчатого вала двигателя. Что же касается малой частоты вращения, то очевидно, что если накопительный конденсатор успел зарядиться до напряжения $U_В$ при максимальной частоте вращения, он и подавно успеет зарядиться до этого напряжения при малой частоте вращения коленчатого вала.

Таким образом, принципиальный недостаток батарейной системы зажигания, заключающийся в снижении вторичного напряжения (а значит, и энергии искрообразования) при малых и больших частотах вращения коленчатого вала двигателя, в конденсаторной системе зажигания полностью устраняется.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПОСЛЕ РАЗМЫКАНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ КОММУТАТОРА В ПОЛОЖЕНИЕ 2

На рис. 11 дана упрощенная схема замещения для второго этапа рабочего процесса. При ее составлении сделаны следующие допущения: устранена гальваническая связь между обмотками катуш-

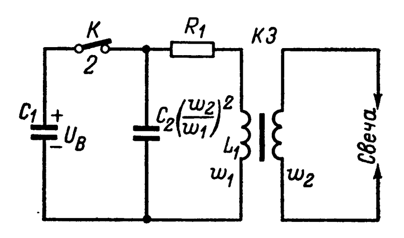


Рис. 11. Схема замещения конденсаторной системы зажигания после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение *2*.

ки зажигания, искровой контакт распределителя заменен скользящим, распределенные емкости вторичной цепи заменены одной сосредоточенной емкостью C_2, коэффициент связи между обмотками катушки зажигания w_1 и w_2 принят равным единице, отсутствует шунтирование вторичной цепи ($R_ш = \infty$).

Согласно схеме замещения после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение *2* в первичной цепи образуется колебательный контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки катушки зажигания L_1 и суммы емкостей накопительного конденсатора C_1 и вторичной цепи C_2, приведенной

к первичной. Потери в контуре определяются сопротивлением резистора R_1, включенного в контур последовательно.

К моменту размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение *2* в электрическом поле накопительного конденсатора запасена энергия $W_C = C_1 U_В^2/2$. Вследствие этого после переключения коммутатора в положение *2* в первичном контуре возникают собственные затухающие колебания. Полагая $R_1 = 0$ и пренебрегая влиянием процессов, происходящих при этом во вторичной цепи, получаем частоту колебания в первичном контуре равной:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1\left[C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2\right]}}. \qquad (4)$$

Количество электричества, запасенное в накопительном конденсаторе к моменту переключения коммутатора в положение *2* (к моменту размыкания контактов прерывателя), равно:

$$Q = U_В C_1.$$

Вследствие того, что после переключения коммутатора в положение *2* параллельно накопительному конденсатору подключается емкость C_2, приведенная к первичной обмотке, напряжение на накопительном конденсаторе C_1 уменьшается до значения

$$U_{1макс} = \frac{Q}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2} = U_В \frac{C_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}.$$

Очевидно, что если $U_{1\,макс}$ является максимумом первичного напряжения, то максимум вторичного напряжения будет равен:

$$U_{2макс} = U_{1макс}\frac{w_2}{w_1} = U_В \frac{w_2}{w_1}\,\frac{C_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}. \qquad (5)$$

Из этого выражения следует, что, выбрав соответствующим образом емкость накопительного конденсатора C_1 так, чтобы $C_1 \gg C_2(w_2/w_1)^2$, можно добиться малой зависимости вторичного напряжения $U_{2\,макс}$ от значения емкости C_2.

Таким образом, в *конденсаторной схеме зажигания легко устраняется второй принципиальный недостаток батарейной системы зажигания, а именно большая зависимость вторичного напряжения от емкости вторичной цепи.*

Кроме того, в *конденсаторной системе зажигания устраняется также и третий недостаток, присущий обычной батарейной системе зажигания: большая чувствительность к значению сопротивления $R_ш$, шунтирующего вторичную цепь.*

Это объясняется тем, что в качестве коммутатора в конденсаторной системе зажигания обычно применяют тиристоры, время переключения которых, определяющее длительность фронта первично-

го напряжения, равно всего нескольким микросекундам. Длительность фронта вторичного напряжения зависит, кроме того, от параметров катушки зажигания. Однако даже при применении катушек от обычной батарейной системы зажигания фронт вторичного напряжения в конденсаторной системе получается значительно круче, чем в батарейной. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить осциллограмму напряжения на первичной обмотке катушки зажигания в батарейной системе (см. рис. 5) с соответствующими осциллограммами в конденсаторной системе зажигания (см. рис. 24).

Крутой фронт вторичного напряжения в конденсаторной системе зажигания обеспечивает ее работоспособность при низких значениях шунтирующего сопротивления $R_{ш}$ до 100 кОм. Как известно, потери энергии при конкретных значениях шунтирующего сопротивления и вторичного напряжения пропорциональны времени действия этого напряжения. Поэтому при крутом фронте потери в $R_{ш}$ за время, пока напряжение достигнет максимума, будут меньше, чем при пологом фронте. Этим объясняется малая зависимость $U_{2\,макс}$ в конденсаторной тиристорной системе зажигания от сопротивления, шунтирующего вторичную цепь.

Как показала практика, применение конденсаторных систем зажигания устраняет необходимость ухода за свечами зажигания (их чистку, регулировку зазора и т. п.). Срок службы свечей увеличивается в несколько раз.

4. Практические схемы конденсаторной контактной системы зажигания

СХЕМЫ ДЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ 12 В

На рис. 12 приведена принципиальная электрическая схема конденсаторной тиристорной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи.

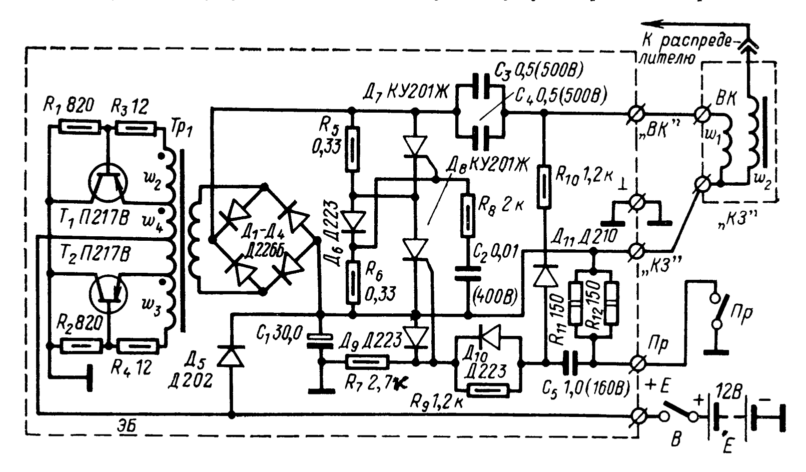


Рис. 12. Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 12 В.

Система зажигания состоит из следующих основных частей:

прерывателя *Пр*, управляющего работой системы зажигания;

электронного блока *ЭБ*, преобразующего сигналы прерывателя в импульсы высокого напряжения (300—400 В);

обычной серийной катушки зажигания *КЗ*, повышающей напряжение импульсов, вырабатываемых электронным блоком, до 20—30 кВ;

аккумуляторной батареи *Е*, питающей систему зажигания;

выключателя зажигания *В*, служащего для включения и отключения напряжения питания.

Энергия искрообразования накапливается в конденсаторах C_3 и C_4.

Трансформатор $Тр_1$, транзисторы T_1 и T_2, диоды $Д_1$—$Д_4$ и резисторы R_1—R_4 образуют двухтактный преобразователь постоянного напряжения, собранный по схеме с общим эмиттером и преобразующий низкое напряжение аккумуляторной батареи (12 В) в высокое (300—400 В).

Схема преобразователя построена таким образом, что транзисторы T_1 и T_2 могут быть установлены на общий радиатор, электрически соединенный с корпусом автомобиля. Резисторы R_1 и R_2 служат для подачи отрицательного смещения на базы транзисторов T_1 и T_2, необходимого для запуска преобразователя. Резисторы R_3 и R_4 ограничивают токи баз транзисторов. Тиристоры $Д_7$ и $Д_8$ служат для бесконтактного подключения конденсаторов C_3 и C_4 к первичной обмотке катушки зажигания в момент размыкания контактов прерывателя.

Необходимость последовательного включения двух тиристоров вызвана тем, что напряжение переключения одного тиристора типа КУ201Ж меньше выходного напряжения преобразователя, равного примерно 400 В. Резисторы R_5 и R_6 выравнивают напряжения на последовательно соединенных тиристорах. Резистор R_8, конденсатор C_2 и диод $Д_6$ обеспечивают переключение тиристора $Д_7$ после переключения тиристора $Д_8$.

Диоды $Д_9$—$Д_{11}$, конденсатор C_5 и резисторы R_9—R_{12} образуют схему формирования импульсов, поступающих на управляющий электрод тиристора $Д_8$ в момент размыкания контактов прерывателя. Диод $Д_5$ и конденсатор C_1 образуют низкочастотный фильтр, предотвращающий проникновение помех в цепи управления тиристоров.

Система зажигания работает следующим образом. Допустим, что в момент включения питания контакты прерывателя разомкнуты. При подаче напряжения питания управляющий электрод тиристора $Д_8$ через резистор R_7 оказывается подключенным к отрицательному, а катод тиристора через диод $Д_5$ — к положительному полюсу аккумулятора. В результате на управляющий электрод тиристора подается отрицательное напряжение, величина которого ограничивается диодом $Д_9$ на уровне 0,7—0,8 В.

Преобразователь запускается и заряжает конденсаторы C_3 и C_4 до напряжения примерно 400 В (момент t_0 на рис. 13). Тиристоры $Д_7$ и $Д_8$ заперты, так как их суммарное напряжение переключения больше 400 В. Через резисторы R_5, R_6 и диод $Д_6$ протекает ток и, так как сопротивления резисторов R_5 и R_6 одинаковы, к каждому из тиристоров $Д_7$ и $Д_8$ подводятся примерно одинаковые напряжения (200—220 В). Конденсатор C_2 заряжается через резистор R_8 до напряжения, имеющегося на резисторе R_6.

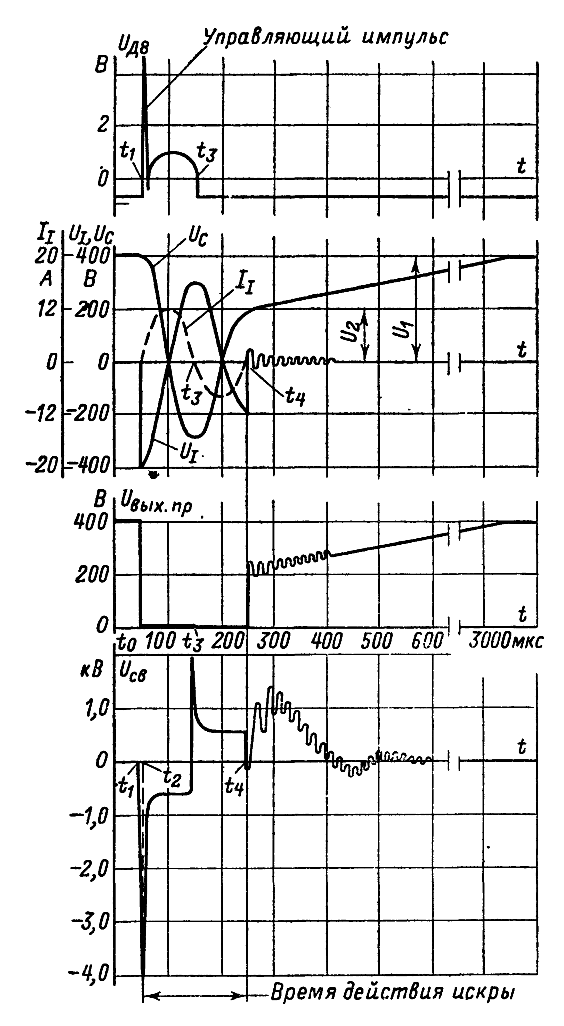


Рис. 13. Ток первичной обмотки катушки зажигания (I_1) и напряжения на управляющем электроде тиристора $Д_8$($U_{д8}$), на первичной обмотке катушки зажигания (U_I), на конденсаторах C_3 и C_4(U_C), на выходе преобразователя ($U_{вых\ пр}$) и на свече ($U_{св}$) в конденсаторной системе зажигания.

При замыкании контактов прерывателя конденсатор C_5 заряжается через диоды $Д_5$, $Д_9$ и резистор R_9 почти до полного напряжения аккумуляторной батареи.

Резистор R_9 создает некоторую задержку заряда конденсатора C_5, что необходимо для устранения влияния «дребезга» контактов прерывателя в момент их замыкания.

В момент времени t_1 при размыкании контактов прерывателя конденсатор C_5 разряжается через диод $Д_{10}$, промежуток управляющий электрод — катод тиристора $Д_8$ и резисторы R_{11}, R_{12}. На управляющий электрод тиристора $Д_8$ подается положительное напряжение. Тиристор $Д_8$ переключается, и напряжение на конденсаторе C_2 оказывается приложенным через резистор R_8 к промежутку управляющий электрод — катод тиристора $Д_7$ плюсом к управляющему электроду. Тиристор $Д_7$ также переключается. Первичная обмотка катушки зажигания подключается к заряженным до напряжения 400 В конденсаторам C_3 и C_4, и напряжение на ней в течение нескольких микросекунд возрастает от 0 до 400 В.

Переключившиеся тиристоры шунтируют преобразователь, и его генерация срывается. Преобразователь прекращает свою работу.

Резистор R_{10} и диод $Д_{11}$ пропускают отрицательный импульс от катушки зажигания, который перезаряжает конденсатор C_5, как только тиристоры переключатся. Тем самым снимается положительное смещение с управляющего электрода тиристора $Д_8$ и исключается возможность многократного переключения тиристоров, когда контакты прерывателя разомкнуты. Благодаря цепочке R_{10}, $Д_{11}$ положительное напряжение на управляющий электрод тиристора $Д_8$ подается в виде короткого испульса длительностью около 10 мкс, что обеспечивает образование лишь одной искры после размыкания контактов прерывателя*.

Скорость нарастания вторичного напряжения зависит от параметров катушки зажигания. При применении серийных катушек, например типа Б-1, искра возникает примерно через 5—10 мкс с момента t_1 размыкания контактов прерывателя (момент t_2 на рис. 13).

Индуктивность первичной обмотки катушки зажигания и конденсаторы C_3, C_4, соединенные между собой через переключившиеся тиристоры $Д_7$ и $Д_8$, образуют колебательный контур, в котором возникают затухающие колебания. Напряжение на конденсаторах C_3 и C_4, как видно на рис. 13, сдвинуто по фазе относительно напряжения на первичной обмотке катушки зажигания примерно на π, а ток в контуре отстает от этого напряжения на $\pi/2$.

В момент времени t_3, когда ток в контуре равен нулю, тиристоры выключаются, но преобразователь напряжения все еще запуститься не может, так как напряжение на конденсаторах C_3 и C_4 к этому моменту достигает максимального отрицательного значения. Через диоды $Д_1$—$Д_4$ протекает ток. Открытые диоды шунтируют преобразователь, не давая возможности ему запуститься. Через полпериода, в момент t_4, когда ток в контуре вновь уменьшается до нуля, диоды $Д_1$—$Д_4$ запираются, преобразователь запускается и примерно через 3 мс заряжает конденсаторы C_3 и C_4 до напряжения 400 В. В катушке зажигания затухают собственные колебания.

---

* После переключения тиристоров форма напряжения на управляющем электроде тиристора $Д_8$ повторяет форму тока, протекающего через тиристоры.

В момент времени t_4, когда запускается преобразователь, на конденсаторах C_3 и C_4 имеется положительное напряжение U_2, составляющее примерно 50% первоначального напряжения заряда U_1. Напряжение U_2 определяется энергией, выделяемой в искровом промежутке свечи зажигания, которая может быть подсчитана по следующей формуле:

$$W_И = \frac{C_3 + C_4}{2}\left(U_1^2 - U_2^2\right). \qquad (6)$$

Энергия, выделяемая в искре, при прочих равных условиях зависит от размеров искрового промежутка свечи. С увеличением размеров искрового промежутка напряжение U_2 уменьшается и, как это следует из формулы (6), энергия, выделяемая в искре, увеличивается.

Из рис. 13 видно, что длительность искры в описываемой конденсаторной системе (при работе с катушкой зажигания Б-1) равна примерно 0,2 мс, причем искра состоит из двух отдельных искр, соответствующих положительной и отрицательной полуволнам тока в первичной обмотке катушки зажигания.

Сравнительно малую длительность искры следует отнести к преимуществам конденсаторной системы зажигания*. Как показывают исследования [3], в исправном и правильно рассчитанном двигателе после достижения нормального теплового режима воспламенение рабочей смеси происходит в течение 10—15 мкс, и искра длительностью свыше 1000 мкс, имеющая место в батарейной системе зажигания [1], бесполезна и вызывает лишь эрозию электродов свечей, сокращая их срок службы. Срок службы свечей в конденсаторной системе зажигания поэтому увеличивается в несколько раз.

На рис. 14 показана осциллограмма напряжения на контактах прерывателя в описываемой конденсаторной системе зажигания. Сравним ее с осциллограммой напряжения на контактах прерывателя в обычной батарейной системе зажигания (см. рис. 5). Амплитуда напряжения на контактах в конденсаторной системе не превышает напряжения аккумуляторной батареи (12 В), а в батарейной системе превышает 300 В.

Нагрузка контактов прерывателя в конденсаторной системе чисто активная — это параллельно соединенные резисторы R_{11} и R_{12} (см. рис. 12). Ток через контакты не превышает 200 мА. В батарейной же системе зажигания нагрузка контактов индуктивная, а ток через контакты достигает 4 А. Поэтому можно утверждать, что в конденсаторной системе зажигания проблема сохранения контактов от эрозии полностью решена. Срок службы контактов определяется лишь их механическим износом; применение вольфрама для изготовления контактов делается необязательным.

Конденсаторная система зажигания с тиристорами обладает рядом специфических особенностей, которые необходимо учитывать при ее изготовлении. Рассмотрим их.

---

* Искра большой длительности бывает полезна лишь при запуске двигателя на переобогащенной смеси. Однако в конденсаторной системе имеется возможность увеличить длительность искры при запуске двигателя, о чем будет сказано ниже.

Частота искрообразования зависит от числа цилиндров и частоты вращения вала двигателя. Для четырехтактного двигателя частота искрообразования равна:

$$f = \frac{nN_ц}{120}\text{, искр/с,} \tag{7}$$

где $N_ц$ — число цилиндров; n — частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин.

Для двухтактного двигателя частота искрообразования в 2 раза выше.

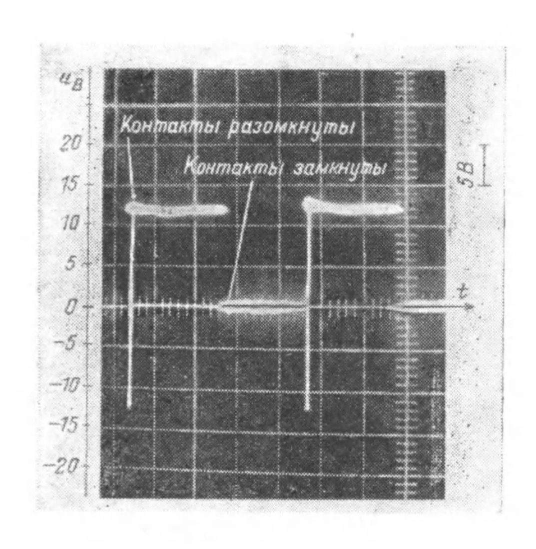


Рис. 14. Осциллограмма напряжения на контактах прерывателя в конденсаторной системе зажигания.

Если, например, четырехцилиндровый четырехтактный двигатель имеет частоту вращения вала 6000 об/мин, то частота искрообразования равна 200 искр/с. Промежуток времени между двумя искрами составляет 0,005 с. За это время конденсаторы C_3—C_5 (см. рис. 12) должны успеть полностью зарядиться, т. е. система должна быть готова к образованию следующей искры. Это предъявляет особые требования к преобразователю напряжения; он должен быть достаточно мощным и иметь малое выходное сопротивление.

Преобразователь (рис. 12) при зазоре в свечах 1,1—1,2 мм заряжает (подзаряжает) конденсаторы C_3 и C_4 (суммарная емкость 1 мкФ) в течение 2,5—3,0 мс. Это означает, что описываемая конденсаторная система зажигания может нормально работать с четырехцилиндровым четырехтактным двигателем до 10 000 об/мин коленчатого вала. Дальнейшее увеличение числа оборотов вызывает снижение энергии искрообразования, так как конденсаторы C_3 и C_4

не успеют полностью зарядиться. С восьмицилиндровым двигателем система может нормально работать до 5000 об/мин коленчатого вала.

Применение более мощного преобразователя напряжения обеспечит более быстрый заряд накопительных конденсаторов и нормальную работу конденсаторной системы зажигания при более высоких частотах вращения коленчатого вала двигателя.

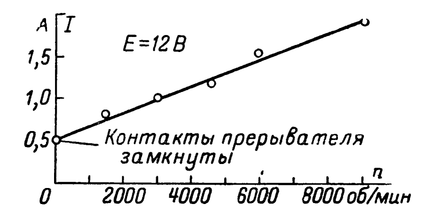


Рис. 15. Зависимость тока, потребляемого конденсаторной системой зажигания, от числа оборотов коленчатого вала четырехцилиндрового двигателя.

Постоянная времени заряда конденсатора C_5 составляет 1,2 мс, что обеспечивает при правильной регулировке зазора прерывателя получение управляющего импульса необходимой амплитуды до 5000 об/мин коленчатого вала восьмицилиндрового двигателя.

Зная время заряда конденсаторов C_3 и C_4 и число цилиндров двигателя, можно определить максимальное число оборотов четы-

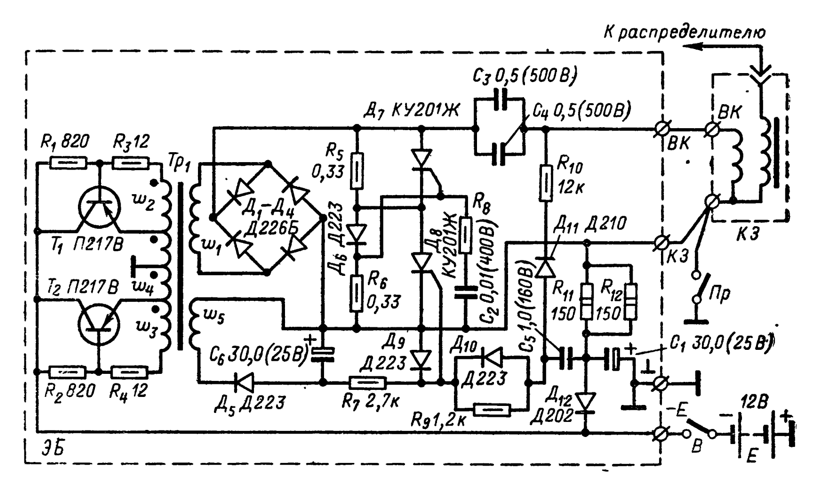


Рис. 16. Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 12 В.

рехтактного двигателя, до которого система зажигания будет работать нормально:

$$n_{\text{макс}} = \frac{120\,000}{tN_{\text{ц}}}, \tag{8}$$

где t — время заряда конденсаторов C_3 и C_4, мс; $N_{\text{ц}}$ — число цилиндров двигателя.

Для двухтактного двигателя $n_{\text{макс}}$ в 2 раза меньше.

Ток, потребляемый конденсаторной системой зажигания от аккумуляторной батареи, зависит от числа оборотов и количества цилиндров двигателя. Для четырехцилиндрового четырехтактного двигателя потребляемый ток изменяется от 0,5 А при остановленном двигателе и замкнутых контактах прерывателя до 1,5 А при 6000 об/мин коленчатого вала (рис. 15).

Конденсаторная система зажигания, схема которой приведена на рис. 12, предназначена для автомобилей, у которых с корпусом соединен отрицательный полюс аккумуляторной батареи. Схема конденсаторного зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен положительный полюс аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 12 В, приведена на рис. 16. Работает эта схема аналогично описанной выше с той лишь разницей, что постоянное отрицательное смещение на управляющий электрод тиристора $Д_8$ подается от специального выпрямителя ($Д_5$, C_6), выпрямляющего переменное напряжение обмотки w_5. Остальные элементы схемы остались без изменений.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Общий вид электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания со снятой крышкой показана на рис. 17.

Конструктивно блок состоит из трех основных частей: основания, печатной платы и крышки. Основание изготовлено из алюминиевого сплава Д1-Т, что обеспечивает хороший теплоотвод для установленных на нем транзисторов T_1, T_2 и диода $Д_5$. Печатная плата с размерами 150×60 мм изготовлена из фольгированного гетинакса (рис. 18). На печатной плате размещены остальные элементы блока — трансформатор, тиристоры, конденсаторы, резисторы и диоды. Печатная плата крепится к основанию четырьмя латунными стойками и закрепляется четырьмя фигурными винтами. Стальная крышка блока снаружи окрашена молотковой эмалью. Крепится крышка с помощью четырех винтов М3, вворачиваемых в резьбовые отверстия фигурных винтов крепления печатной платы.

Для защиты печатной платы от пыли в специальный паз основания вставляется резиновая прокладка, к которой прижимаются края крышки.

Для подсоединения внешних цепей на основании имеются винтовые зажимы: три зажима в блоках для автомашин, где с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи, и четыре в блоках для автомашин, где с корпусом соединен минус.

Для крепления на автомобиле в основании блока имеются два отверстия. Блок крепится жестко, без амортизаторов.

Типы диодов, транзисторов и тиристоров, номиналы и мощность рассеивания резисторов, номиналы и рабочие напряжения конденсаторов указаны в схемах. Резисторы R_3 и R_4 типа МОН, остальные

типа МЛТ; конденсаторы C_1 и C_6 электролитические; конденсатор C_2 типа К4ОП-2; конденсаторы C_3 и C_4 типа МБГО; C_5 типа МБМ.

Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные. Сердечник ленточный тороидальный типа ОЛ25/40-12,5 (внешний диаметр 40 мм, внутренний 25 мм, высота 12,5 мм) или 2 шт. типа ОЛ25/40-6,5 из стали марки Э-330 или Э-340. Толщина ленты 0,08 мм.

Моточные данные: w_1 — 1600 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,15 мм; остальные обмотки мотают проводом ПЭВ-2; w_2 и w_3

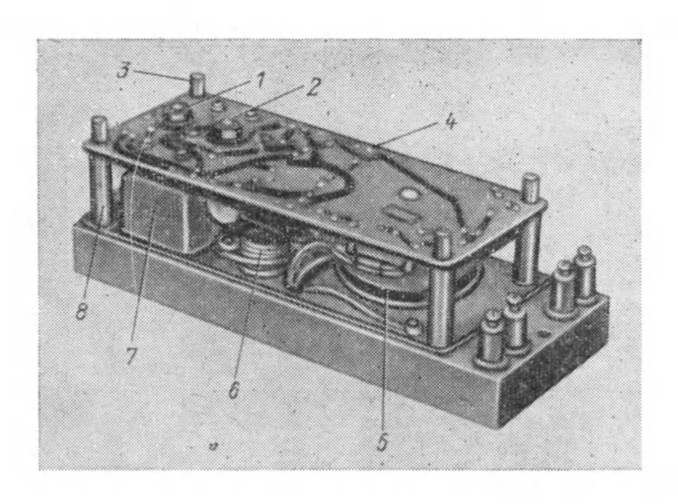


Рис. 17. Электронный блок конденсаторной контактной системы зажигания со снятой крышкой.

1 — тиристор $Д_7$; *2* — тиристор $Д_8$; *3* — фигурный винт крепления печатной платы; *4* — печатная плата; *5* — трансформатор $Тр_1$; *6* — транзистор T_1; *7* — конденсатор C_3; *8* — стойка крепления печатной платы.

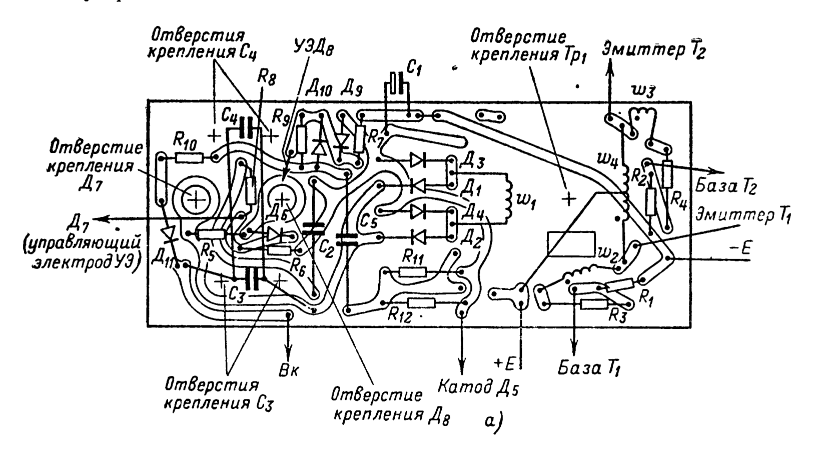
по 15 витков диаметром 0,3 мм; w_4 — 50+50 витков диаметром 1,0 мм; w_5—50 витков диаметром 0,12 мм. Обмотки изолируют одну от другой лакотканью или лавсаном. Для автомобилей с «заземленным минусом» обмотка w_5 не нужна.

Может быть применен и Ш-образный сердечник, например Ш16×16. Конструкция электронного блока в этом случае должна быть, конечно, изменена. Данные обмоток при использовании сердечника Ш16×16 следующие: обмотка w_1 содержит 1160 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,15—0,18 мм. Остальные обмотки наматывают проводом ПЭВ-2: w_2 и w_3 — по 10 витков диаметром 0,3 мм; w_4 — 35+35 витков диаметром 1,0 мм; w_5 — 35 витков диаметром 0,12 мм. При монтаже следует обратить внимание на правильность соединения обмоток w_2, w_3 и w_4. Начала обмоток на схемах обозначены точками.

Транзисторы могут быть заменены любыми мощными германиевыми транзисторами, рассчитанными на средний ток свыше 2 А и допускающими ток в импульсе не менее 5 А. Допустимое напряже-

ние коллектор — эмиттер транзисторов должно быть не менее 30 В. Этим требованиям отвечают транзисторы типов П4, П207 — П210, П213 — П217 с любыми буквенными индексами. Следует иметь в виду, что размеры транзисторов П213—П217 одинаковы и несколько меньше, чем у П4, а транзисторы П207—П210 имеют большие размеры.

Диоды $Д_1$ — $Д_4$ перед постановкой в электронный блок следует проверить. Для постановки в блок годятся лишь те диоды, у которых при обратном напряжении 600 В обратный ток не превышает 10 мкА. На практике большинство диодов Д226Б удовлетворяют этому требованию.



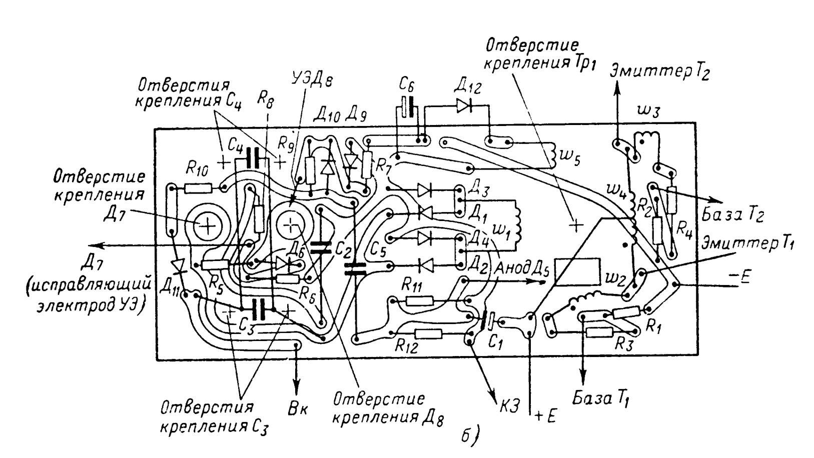


Рис. 18. Печатные платы электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус (*а*) и плюс (*б*) аккумуляторной батареи.

Проверку диодов следует производить по схеме, показанной на рис. 19. В качестве источника питания может быть применен, например, стабилизированный выпрямитель УИП-1. Микроамперметр — любого типа на ток 50—100 мкА, например М198/1. Постепенно повышая напряжение источника питания, наблюдают за показаниями микроамперметра.

Если обратный ток диода при напряжении 600 В больше 10 мкА, но при напряжении 400 В меньше 30 мкА, то такие диоды применять можно, но в каждое плечо выпрямительного моста вместо одного диода надо включить два, соединив их последовательно. Это требует некоторой доработки печатной платы. На месте установки диодов в печатной плате сверлят восемь отверстий: четыре диаметром 7,1 мм и четыре диаметром 3,4 мм.

Рис. 19. Схема проверки обратного тока диодов Д226Б.

Диоды, обратный ток которых при напряжении 400 В больше 30 мкА, не пригодны.

Хорошие результаты дает применение диодов типов КД202К — КД202С или КД203 с любым буквенным индексом. Могут также быть применены выпрямительные блоки типов КЦ401А, КЦ401Б, КЦ402А, КЦ405А. Однако конструкция электронного блока в этом случае должна быть несколько изменена.

Остальные диоды электронного блока также могут быть заменены другими, но обязательно кремниевыми.

При замене диодов следует руководствоваться табл. 1.

Тиристоры типа КУ201Ж можно заменить другими, имеющими следующие параметры: напряжение переключения (максимальное прямое напряжение) не менее 230 В; средний прямой ток не менее 2 А; напряжение спрямления не более 8 В; ток спрямления не бо-

Таблица 1

Обозначения диода на схемах		Параметры заменяющего диода*	
Рис. 12	Рис. 16	$U_{обр}$ (не менее), В	$I_{пр}$ (не менее), мА
$Д_5$	$Д_{12}$	15	300
$Д_6$	$Д_6$	15	5
$Д_9$	$Д_9$	15	10
$Д_{10}$	$Д_{10}$	15	50
$Д_{11}$	$Д_{11}$	400	100
	$Д_5$	50	10

* $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{пр}$ — максимальный прямой ток.

лее 100 мА; рассеиваемая мощность не менее 4 Вт. В импульсе длительностью до 100 мкс тиристор должен пропускать ток до 10 А.

Перед постановкой в блок следует проверить напряжение и ток утечки тиристоров.

Напряжение переключения можно проверить по схеме, приведенной на рис. 20.

Источник напряжения должен иметь плавную регулировку выходного напряжения до значения, превышающего напряжение пере-

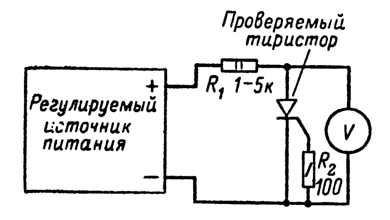


Рис. 20. Схема проверки напряжения переключения тиристоров.

ключения тиристора, и обеспечивать ток не менее 200 мА. Для этой цели подходит, например, стабилизированный выпрямитель УИП-1.

Вольтметр также рассчитан на напряжение не меньше напряжения переключения тиристора.

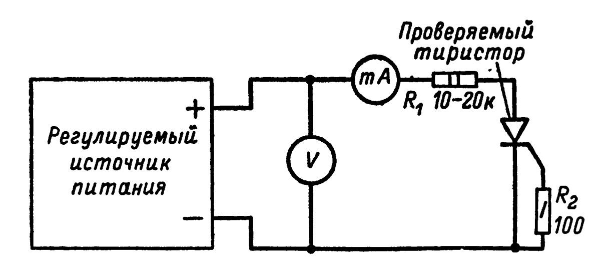


Рис. 21. Схема проверки тока утечки тиристоров.

Резистор R_1 включен для ограничения тока при переключении тиристора. Сопротивление резистора выбирается в зависимости от напряжения переключения и тока выключения тиристора, а также от мощности источника питания.

Наблюдая за показаниями вольтметра, надо плавно увеличивать напряжение источника питания. Сначала напряжение будет расти, а затем, по достижении напряжения переключения, резко упадет. Максимальное напряжение, перед тем как оно резко упадет, и будет напряжением переключения тиристора.

В случае, если напряжение переключения тиристора превышает 500 В, в блок устанавливают лишь один тиристор — на место тиристора $Д_8$. Его анод соединяют непосредственно с плюсом выпрямителя. Резисторы R_5, R_6 и R_8, диод $Д_6$ и конденсатор C_2 в этом случае не нужны. Между плюсом и минусом выпрямителя параллельно промежутку анод — катод тиристора включают резистор МЛТ-0,5-510 кОм.

Ток утечки тиристора следует проверять по схеме, показанной на рис. 21, после проверки напряжения переключения.

Миллиамперметр берется с пределом измерений 5—10 мА. Источник питания и вольтметр те же, что и при проверке напряжения переключения.

Плавно повышая напряжение источника питания до значения, указанного ниже, определяют ток утечки по миллиамперметру.

Если напряжение переключения тиристора меньше 500 В (в блок устанавливают два тиристора), то ток утечки проверяют при напряжении 225 В, а если напряжение переключения тиристора больше 500 В (в блок устанавливают один тиристор), то при напряжении 450 В. Соответственно сопротивление резистора R_1 в первом случае должно быть 10 кОм, а во втором — 20 кОм.

Применять следует те тиристоры, у которых ток утечки не превышает 1 мА.

НАЛАЖИВАНИЕ

Правильно собранный электронный блок из заведомо исправных деталей работает сразу и налаживания не требует. Однако если коэффициент усиления по току $B_{ст}$ транзисторов преобразователя мал, то при температуре минус 10—20° С преобразователь может не запуститься. В этом случае следует несколько уменьшить сопротивление резисторов R_1 и R_2 (см. рис. 12), например до 510—750 Ом. Однако при этом следует иметь в виду, что уменьшение сопротивлений резисторов R_1 и R_2 вызывает увеличение тока, потребляемого блоком.

Приведенные на рис. 13 формы тока и напряжений в различных точках электронного блока помогут в отыскании и устранении причин ненормальной работы системы зажигания.

УСТАНОВКА НА АВТОМОБИЛЕ

Описанная конденсаторная система зажигания может быть установлена на любом легковом или грузовом автомобиле, для которого выполняется следующее неравенство*:

$$N_{ц}\, n_{макс} \leqslant 40\,000.$$

Установка конденсаторной системы зажигания не требует замены или доработки каких-либо стандартных деталей и производится в течение 20—30 мин.

Искрогасительный конденсатор отсоединять не обязательно. Для увеличения срока службы прерывателя, определяемого теперь лишь механическим износом его подвижных частей, прерыватель (включая контакты) следует смазать маслом из двигателя. Зазор в свечах зажигания надо увеличить на 20—30% относительно рекомендуемого заводом-изготовителем автомобиля.

При установке электронного блока надо обеспечить хороший тепловой контакт основания блока в месте его крепления. Температура в месте крепления блока не должна превышать +50° С.

Описанная конденсаторная система зажигания в течение 8 лет эксплуатируется на легковых и грузовых автомобилях различных марок и показала хорошие результаты. Облегчился запуск двигателя, особенно в холодное время года, повысилась приемистость

* Это неравенство легко может быть получено из выражения (8).

двигателя; снизился расход горючего. Срок службы свечей увеличился в несколько раз. В результате более полного сгорания топлива несколько увеличилась мощность двигателя. Интенсивность искрообразования совершенно не зависит от состояния контактов прерывателя: новые они или старые, обгоревшие, чистые или замасленные. Уменьшился нагрев катушки зажигания, что положительно сказывается на ее сроке службы.

В заключение отметим еще одно преимущество конденсаторной системы зажигания перед батарейной (а также перед транзисторными). Если, например, водитель забудет выключить зажигание и контакты прерывателя окажутся при этом замкнутыми, в батарейной системе может выйти из строя катушка зажигания, так как через нее длительное время будет протекать значительный ток (3—4 А). В конденсаторной же системе это не вызывает никаких вредных последствий, если не считать некоторой разрядки аккумулятора током 0,5—0,6 А.

СХЕМЫ ДЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ 6 В

Описанная конденсаторная система зажигания может работать и при напряжении питания 6 В, причем характеристики ее не ухудшатся.

Схемы конденсаторной системы зажигания для напряжения питания 6 В приведены на рис. 22 и 23. Первая предназначена для применения на мотоциклах и автомобилях, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи, а вторая — для тех, у которых с корпусом соединен плюс. В обоих случаях по-другому подключены контакты прерывателя. Дело в том, что напряжения 6 В недостаточно для надежного управления тиристором, поэтому последовательно с аккумуляторной батареей и контактами прерыва-

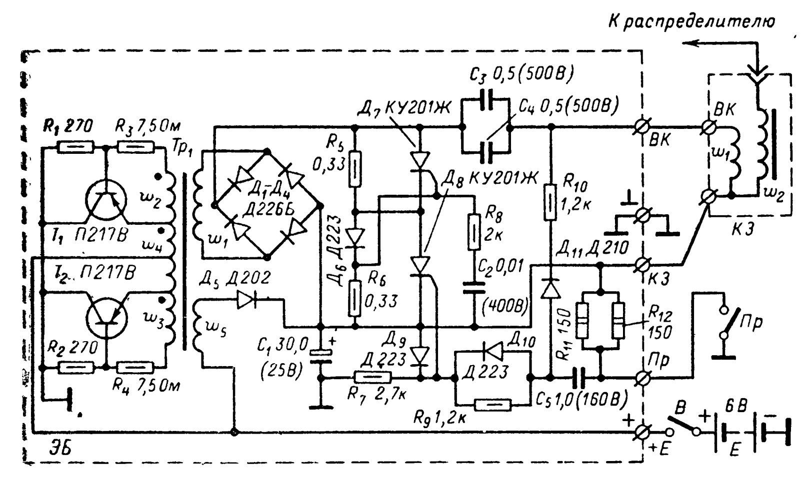


Рис. 22. Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 6 В.

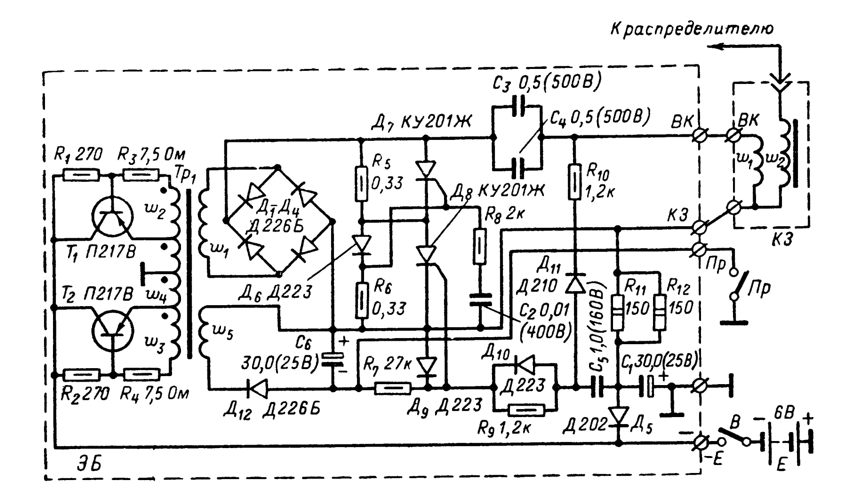


Рис. 23. Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 6 В.

теля включен дополнительный источник напряжения — выпрямитель, состоящий из обмотки w_5 трансформатора $Тр_1$, диода $Д_5$ и конденсатора C_6 (рис. 23). Благодаря этому конденсатор C_5 при замкнутых контактах прерывателя заряжается до напряжения 16—18 В, обеспечивая надежное переключение тиристора $Д_8$ в момент размыкания контактов прерывателя. Кроме того, уменьшены сопротивления резисторов R_1 — R_4 и изменены данные обмоток w_4 и w_5 трансформатора $Тр_1$. Данные остальных обмоток остались без изменения. При тороидальном сердечнике ОЛ25/40-12,5 (или 2 шт. ОЛ25/40-6,5) обмотка w_4 содержит 24+24 витка двойного провода ПЭВ-2 диаметром 1,0 мм, а обмотка w_5 — 40 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,3 мм. При Ш-образном сердечнике Ш16×16 обмотка w_4 содержит 17+17 витков двойного провода ПЭВ-2 диаметром 1,0 мм; w_5 — 27 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,3 мм. В остальном эти схемы аналогичны схемам, предназначенным для напряжения питания 12 В.

5. Некоторые усовершенствования конденсаторной системы зажигания

Недостатком описанных конденсаторных систем зажигания является падение вторичного напряжения и энергии искрообразования при уменьшении напряжения питания. При исправной аккумуляторной батарее и соответствующем масле в картере двигателя описанные выше конденсаторные системы зажигания обеспечивают уверенный запуск двигателя стартером в холодное время года при температуре до минус 15° С. Однако в случае применения старого аккумулятора, у которого емкость значительно снизилась и соответственно увеличилось внутреннее сопротивление, а также если в дви-

гатель залито слишком густое масло, напряжение аккумуляторной батареи при запуске двигателя стартером в холодное время года может снизиться до 6,5—7,5 В и запуск двигателя стартером окажется затруднительным [1]. В обычной батарейной системе зажигания с этим недостатком борются путем замыкания добавочного резистора (см. рис. 12) одновременно с включением стартера. Однако использование этого способа в конденсаторной системе зажигания не представляется возможным в связи с тем, что ток, потребляемый конденсаторной системой зажигания, увеличивается с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя (см. рис. 15). Следовательно, при размыкании $R_{доб}$ после запуска двигателя напряжение питания, а значит, вторичное напряжение и энергия искрообразования будут уменьшаться с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

КОМПЕНСАЦИЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИСКРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЗАПУСКЕ ДВИГАТЕЛЯ СТАРТЕРОМ

Компенсацию снижения энергии искрообразования в конденсаторной системе зажигания в момент запуска двигателя стартером можно осуществить двумя путями.

Первый путь — увеличение емкости накопительного конденсатора (C_3 и C_4 на рис. 12, 16, 22 и 23) в момент запуска двигателя; второй путь — увеличение напряжения заряда накопительного конденсатора в момент запуска двигателя.

В соответствии с выражениями (3) и (4) увеличение емкости накопительного конденсатора повышает энергию искрообразования и, кроме того, снижает частоту колебаний в первичном контуре. Вследствие этого длительность искры в свече (рис. 24) увеличивается, что благоприятно влияет на запуск двигателя.

При снижении напряжения аккумуляторной батареи, например, вдвое примерно вдвое снижается напряжение на выходе преобразователя, и для того чтобы энергия искрообразования осталась неизменной, необходимо емкость накопительного конденсатора увеличить в 4 раза [см. выражение (3)].

При увеличении емкости накопительного конденсатора происходит также некоторое увеличение вторичного напряжения $U_{2\,макс}$, компенсирующее падение напряжения аккумулятора при запуске двигателя стартером [см. выражение (5)]. Степень увеличения $U_{2\,макс}$ (степень компенсации) определяется соотношением между емкостью накопительного конденсатора C_1 и приведенной к первичной обмотке катушки зажигания вторичной емкостью, равной $C_2 (w_2/w_1)^2$, т. е. степенью увеличения множителя

$$\frac{C_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}$$

в выражении (5) при увеличении C_1.

---

[1] Здесь следует отметить, что даже и в этом случае описанные конденсаторные системы зажигания имеют преимущество перед обычной батарейной, обеспечивая уверенный запуск двигателя рукояткой, что связано с малым потреблением тока в режиме пуска — всего 0,5 А, в то время как батарейная система потребляет ток до 4 А.

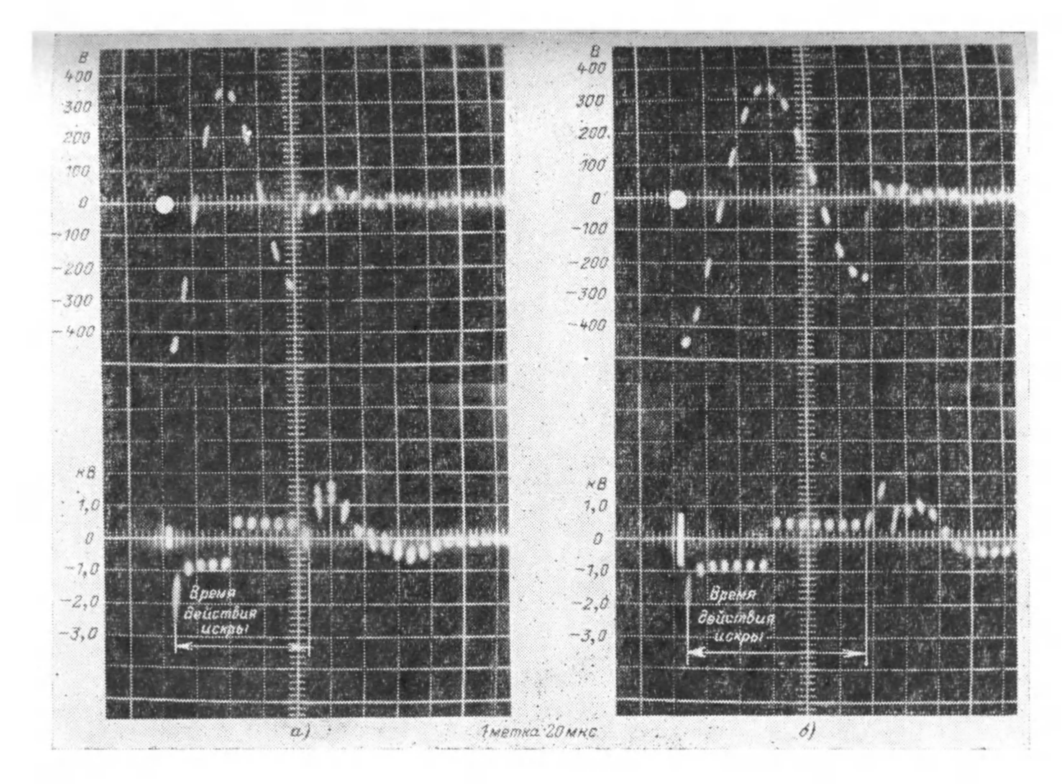


Рис. 24. Осциллограммы напряжений на первичной обмотке катушки зажигания (вверху) и на свече зажигания при емкостях накопительного конденсатора, равных 1 мкФ (*а*) и 4 мкФ (*б*).

В качестве примера рассмотрим следующий случай (рис. 25). Емкость накопительного конденсатора $C_1=1$ мкФ; емкость дополнительного конденсатора $C_д$, подключаемого параллельно накопительному во времени запуска двигателя, равна 3 мкФ; напряжение аккумулятора $E_1=12$ В; напряжение аккумулятора при запуске стартером $E_2=6$ В; емкость $C_2=50$ пФ; коэффициент трансформации катушки зажигания $w_2/w_1=95$ (катушка типа Б-13).

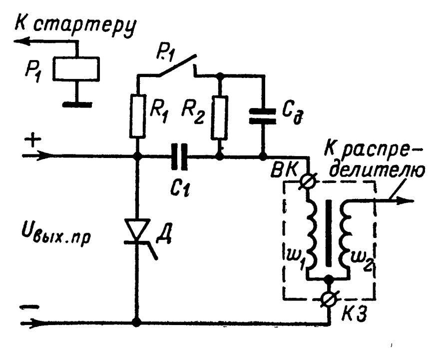


Рис. 25. Схема включения дополнительного накопительного конденсатора во время пуска двигателя стартером.

Считая выходное напряжение преобразователя $U_{вых.пр}$ пропорциональным напряжению питания, получим энергию искрообразования при нормальной работе двигателя:

$$W_{C_1} = \frac{C_1 E_1^2}{2},$$

а при запуске двигателя стартером

$$W_{C_2} = \frac{(C_1 + 3C_1)\frac{E_1^2}{4}}{2} = \frac{C_1 E_1^2}{2},$$

т. е. энергия искрообразования осталась неизменной. Вторичное напряжение $U_{2\,макс}$ при этом уменьшится, но не в 2 раза, как уменьшилось напряжение питания E, а в

$$\frac{1}{2}\,\frac{4C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2} = \frac{4 + 50\cdot 95^2\cdot 10^{-6}}{1 + 50\cdot 95^2\cdot 10^{-6}} = \frac{4,45}{2,9} = 1,53 \text{ раз.}$$

Таким образом, подключение дополнительного конденсатора емкостью 3 мкФ компенсирует в данном случае падение первичного напряжения на 30%. Без дополнительного конденсатора вторичное напряжение во время запуска упало бы в 2 раза, например с 30 до 15 кВ, а с дополнительным конденсатором — только до 19,5 кВ.

Схема включения дополнительного конденсатора $C_д$ приведена на рис. 25. Резистор R_1 ограничивает ток через контакты реле P_1. Резистор R_2 служит для разряда конденсатора $C_д$ после его отключения. Реле P_1 имеет одну пару нормально разомкнутых контактов

и должно быть рассчитано на напряжение 6 В. Обмотка реле подключается параллельно стартеру. Вместо реле может быть использован также обычный выключатель, с помощью которого накопительный конденсатор подключается на время запуска двигателя.

Более полную компенсацию падения напряжения аккумулятора при запуске двигателя стартером обеспечивает увеличение напряжения заряда накопительного конденсатора в момент запуска двига-

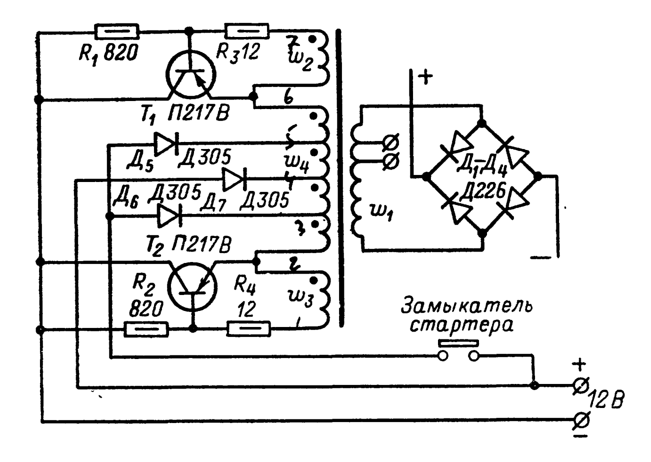


Рис. 26. Схема изменения коэффициента трансформации трансформатора преобразователя во время пуска двигателя стартером.

теля. Его можно осуществить, например, путем соответствующего изменения коэффициента трансформации преобразователя в момент запуска двигателя. Для этого обмотки трансформатора должны иметь отводы. Коэффициент трансформации можно изменить с помощью реле или переключателя.

Однако более удобной является схема, изображенная на рис. 26. На этой схеме первичная обмотка w_4 имеет два дополнительных отвода, которые через диоды $Д_5$ и $Д_7$ подключены к контактам замыкателя стартера. Средняя точка первичной обмотки подключена к плюсу источника питания также через диод ($Д_6$). Замыкание контактов стартера в момент пуска двигателя увеличивает коэффициент трансформации, компенсируя тем самым падение напряжение аккумулятора. Однако при этом следует иметь в виду, что снижение напряжения аккумулятора под нагрузкой стартера не является постоянной величиной и зависит от состояния аккумулятора, температуры двигателя, вязкости масла в картере и ряда других причин. Поэтому если отводы первичной обмотки сделаны в расчете на большое снижение напряжения питания при пуске двигателя, а фактически оно оказывается меньше (хороший аккумулятор, прогретый двигатель и т. п.), вторичное напряжение, развиваемое преобразователем, может оказаться излишне высоким и может произойти пробой накопительного конденсатора или выпрямительных диодов. Поэтому их следует выбирать с запасом по пробивному на-

пряжению. Например, если в описанной выше конденсаторной системе зажигания (см. рис. 12) дополнительные отводы обмотки w_4 сделать от 37-го и 63-го витков, то накопительные конденсаторы C_3 и C_4 и диоды $Д_1 — Д_4$ должны быть рассчитаны на напряжение не менее 600 В. Вместо двух конденсаторов C_3 и C_4 типа МБГО в этом случае следует применить один конденсатор типа МБГЧ емкостью 1 мкФ на рабочее напряжение 750 В, а в качестве диодов $Д_1—Д_4$ — КД202Р (С). Суммарное напряжение переключения тиристоров $Д_6$ и $Д_7$ также должно быть не менее 600 В, чтобы не произошло их самопроизвольного переключения. Отводы обмотки w_1 на рис. 26 облегчают настройку схемы.

Известны также другие схемные решения, обеспечивающие компенсацию снижения энергии искрообразования в конденсаторной системе зажигания в момент запуска двигателя стартером. Например, питание системы зажигания может быть осуществлено от стабилизатора напряжения, поддерживающего напряжение питания постоянным независимо от того, включен стартер или нет. Однако такой способ неэкономичен, так как часть мощности батареи бесполезно теряется на стабилизаторе.

В [26] описана схема стабилизации напряжения на накопительном конденсаторе с помощью электронного ключа, управляемого пороговым устройством, связанным с выходом преобразователя. Эта схема более экономична, но применяемый в ней преобразователь должен быть рассчитан для работы при самом низком напряжении источника питания. Кроме того, эта схема достаточно сложна.

УВЕЛИЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА ПРИ ЗАПУСКЕ ДВИГАТЕЛЯ

Длительность искрового разряда (искры) в описанных выше конденсаторных системах зажигания значительно меньше, чем в обычной батарейной или транзисторной системе. Это является преимуществом конденсаторной системы зажигания с точки зрения срока службы свечей, так как устраняется бесполезная эрозия их электродов. Однако при запуске холодного двигателя на переобогащенной смеси «длинная» искра может оказаться весьма полезной.

Увеличение длительности искрового разряда в конденсаторных системах зажигания может быть достигнуто путем подключения параллельно первичной обмотке катушки зажигания кремниевого диода, рассчитанного на напряжение не менее 600 В и ток в импульсе не менее 9А, например типа КД202Р. Анод диода подключают к клемме блока *КЗ*, а катод — к клемме *ВК* (см. рис. 12). В этом случае разряд в свече зажигания будет продолжаться до тех пор, пока вся запасенная в конденсаторах C_3 и C_4 энергия не будет израсходована и конденсаторы полностью не разрядятся (см. § 6). При этом длительность искрового разряда увеличивается почти в 3 раза. Однако к моменту запуска преобразователя напряжение на конденсаторах C_3 и C_4 в этом случае близко к нулю (без дополнительного диода, как видно из рис. 13, оно составляет 50% номинального) и время заряда конденсаторов увеличивается. Это приводит к ухудшению частотной характеристики системы зажигания, и, следовательно, после запуска двигателя дополнительный диод должен быть отключен. Однако применение более мощного преобразователя напряжения позволяет оставить диод включенным постоянно, как это сделано, например, в схеме на рис. 29 (диод $Д_8$).

ПРИСТАВКИ К ЭЛЕКТРОННЫМ БЛОКАМ КОНДЕНСАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО МНОГОКРАТНОГО ИСКРООБРАЗОВАНИЯ

Иногда для облегчения запуска холодного двигателя может оказаться полезным многократное искрообразование после размыкания контактов прерывателя. Однако нежелательно, чтобы искрообразование продолжалось в течение всего времени, пока контакты прерывателя разомкнуты. Необходимо, чтобы после размыкания

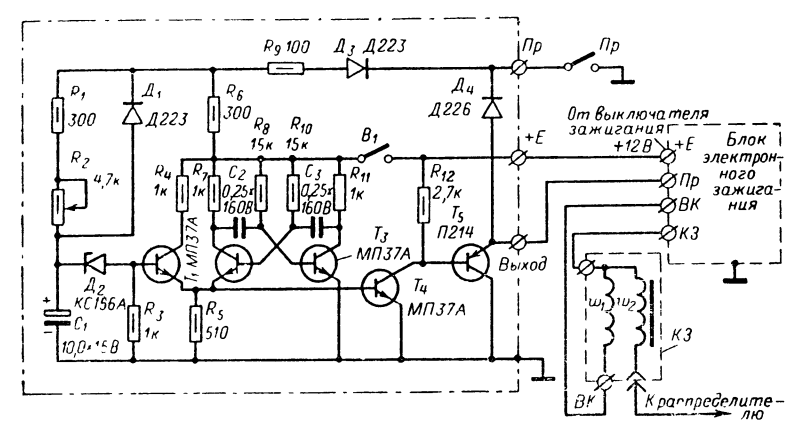


Рис. 27. Схема приставки к электронным блокам конденсаторной контактной системы зажигания для получения регулируемого многократного искрообразования (с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи).

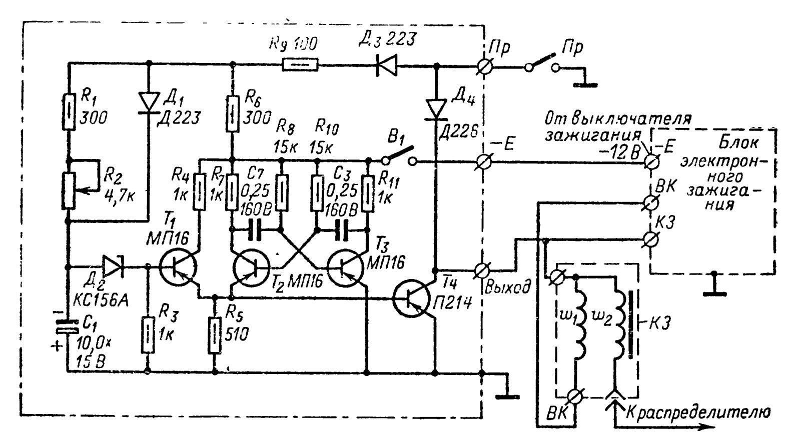


Рис. 28. Схема приставки к электронным блокам конденсаторной контактной системы зажигания для получения регулируемого многократного искрообразования (с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи).

контактов прерывателя было определенное количество искр, число которых можно было бы регулировать.

Описываемые приставки обеспечивают регулируемое многократное искрообразование в пределах от 2 до 12—15 искр после размыкания контактов прерывателя.

Подключение приставок к блокам электронного зажигания производится в соответствии со схемами рис. 27 или 28 следующим образом. Неподвижный контакт прерывателя отсоединяют от электронного блока и подключают к зажиму *Пр* приставки. К освободившейся клемме блока *Пр* (рис. 27) или *КЗ* (рис. 28) подключают зажим *Выход* приставки. Зажимы приставки $+E$ или $-E$ подключают к соответствующей клемме электронного блока. К этой же клемме подключают провод от выключателя зажигания.

Схемы приставок состоят из следующих основных узлов: мультивибратора на транзисторах T_2, T_3, реле времени на транзисторе T_1 и выходных транзисторов T_4, T_5 (T_4 на рис. 28), подключенных через диод $Д_4$ параллельно контактам прерывателя. Схемы обеих приставок по своему построению идентичны и отличаются лишь типами транзисторов (*n-p-n* и *p-n-p*) и наличием в схеме рис. 27 дополнительного транзистора T_5, что вызвано отсутствием мощного германиевого транзистора типа *n-p-n*.

Работает приставка следующим образом. Когда выключатель B_1 приставки (рис. 27) разомкнут, система зажигания работает как обычно, в одноискровом режиме. Лишь последовательно с контактами прерывателя включается диод приставки $Д_4$.

При включении выключателя B_1 начинает работать мультивибратор, генерирующий импульсы с частотой около 200 Гц.

Когда контакты прерывателя замкнуты, транзистор T_5 (T_4 на рис. 28) обесточен; его коллектор соединен с эмиттером через диод $Д_4$ и замкнутые контакты прерывателя. После размыкания контактов прерывателя на коллектор транзистора T_5 с клеммы *Пр* электронного блока подается напряжение питания, и так как база транзистора T_5 через транзистор T_4 соединена с эмиттером транзистора T_2 мультивибратора, транзистор T_5 начинает попеременно отпираться и запираться с частотой колебаний мультивибратора.

Вследствие того, что транзистор T_5 (T_4 на рис. 28) включен через диод $Д_4$ параллельно контактам прерывателя, его отпирание равносильно замыканию, а запирание — размыканию контактов прерывателя. В системе зажигания происходит многократное искрообразование с частотой колебаний мультивибратора.

Сразу же после размыкания контактов прерывателя начинается заряд конденсатора C_1 реле времени. Заряд конденсатора C_1 происходит через резисторы R_6, R_1 и R_2. Как только напряжение на конденсаторе C_1 достигает напряжения стабилизации стабилитрона $Д_2$, его сопротивление резко падает и транзисторы T_1, T_4, T_5 отпираются. Теперь транзистор T_5 будет отперт эмиттерным током транзистора T_1 независимо от состояния транзистора T_2 мультивибратора. Искрообразование в системе зажигания прекращается.

После замыкания контактов прерывателя происходит разряд конденсатора C_1 через диод $Д_1$, резистор R_9, диод $Д_3$ и замкнутые контакты прерывателя. Сопротивление стабилитрона $Д_2$ увеличивается, транзистор T_1 запирается, и приставка готова к следующему циклу многократного искрообразования.

Диод $Д_4$ предназначен для того, чтобы конденсатор C_1 не разряжался через переключившийся транзистор T_5, когда контакты прерывателя разомкнуты.

Количество искр после размыкания контактов прерывателя, зависящее от частоты колебаний мультивибратора и выдержки времени между моментом размыкания контактов прерывателя и моментом отпирания транзисторов T_1, T_4, T_5, регулируется с помощью переменного резистора R_2. Частоту мультивибратора не следует выбирать больше 250 Гц, так как иначе могут не успеть полностью зарядиться накопительные конденсаторы электронного блока, и энергия каждой искры уменьшится.

6. Практическая схема конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением

Как было указано в предыдущем параграфе, недостатком описанных конденсаторных систем зажигания является падение вторичного напряжения и энергии искрообразования при уменьшении напряжения питания, или, иначе говоря, зависимость вторичного напряжения от первичного.

Описываемая ниже система зажигания свободна от указанного недостатка, однако она несколько сложнее и имеет большее число активных элементов. Основное ее преимущество по сравнению с ранее описанными, а также выпускаемыми промышленностью аналогичными по назначению приборами (ППЗ, «Электроника», ШРП и др.) состоит в том, что развиваемое ею вторичное напряжение не зависит от первичного при изменении последнего в пределах от 6,5 до 15 В. Это обеспечивает надежный запуск двигателя стартером даже при температуре —25° С, когда вследствие загустения масла требуется большое усилие для вращения коленчатого вала двигателя и напряжение аккумулятора может снизиться до 6,5—7,5 В.

Кроме того, облегчается режим работы элементов системы зажигания: тиристора, накопительных конденсаторов, катушки зажигания.

Так, например, в данном случае в электронном блоке уже нет необходимости включать два тиристора последовательно, достаточно одного тиристора с напряжением переключения 400 В Теперь даже при движении автомобиля, когда напряжение в бортовой электросети увеличивается до 14—14,5 В, подводимое к тиристору напряжение остается практически без изменения. Указанное качество повышает надежность системы зажигания.

К преимуществу описанной системы зажигания следует отнести также большую длительность искрового разряда в свече зажигания (0,5 мс) по сравнению с обычными конденсаторными системами (0,2 мс). Как показала практика эксплуатации конденсаторных систем зажигания на автомобилях различных марок, в некоторых случаях запуск горячего двигателя с этими системами происходит хуже, чем с обычной батарейной системой. Анализ показал, что это имеет место при неправильной регулировке карбюратора, когда в цилиндры прогретого двигателя поступает слишком богатая смесь. При запуске двигателя с описываемой системой зажигания это яв-

ление не наблюдается. Вместе с тем отмеченные в предыдущих параграфах преимущества конденсаторных систем зажигания, заключающиеся в значительном увеличении срока службы свечей и устранении необходимости ухода за свечами, остаются в силе и в данном случае, так как длительность искрового разряда в свече остается в несколько раз меньше, чем в обычной батарейной системе зажигания, а фронт нарастания напряжения на свече такой же, как и в обычной конденсаторной системе.

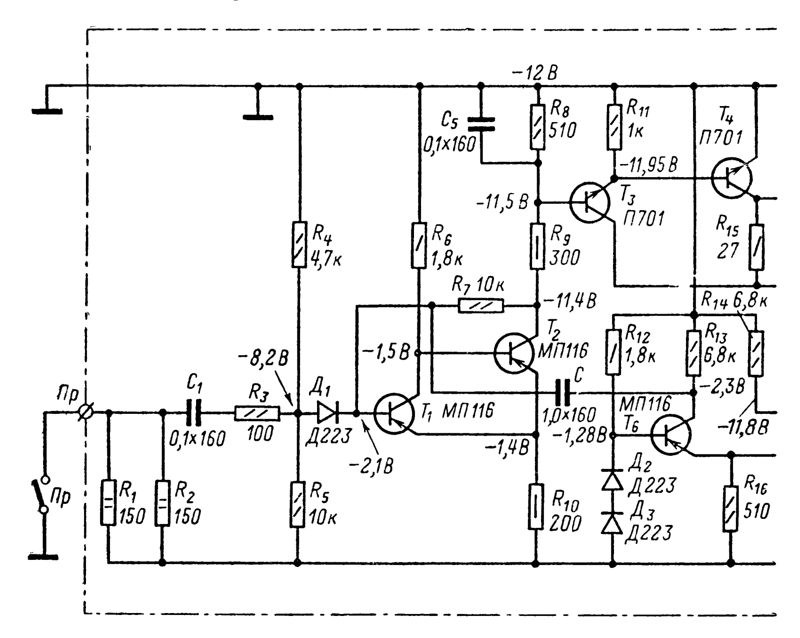


Рис. 29. Принципиальная схема конденсаторной контактной системы

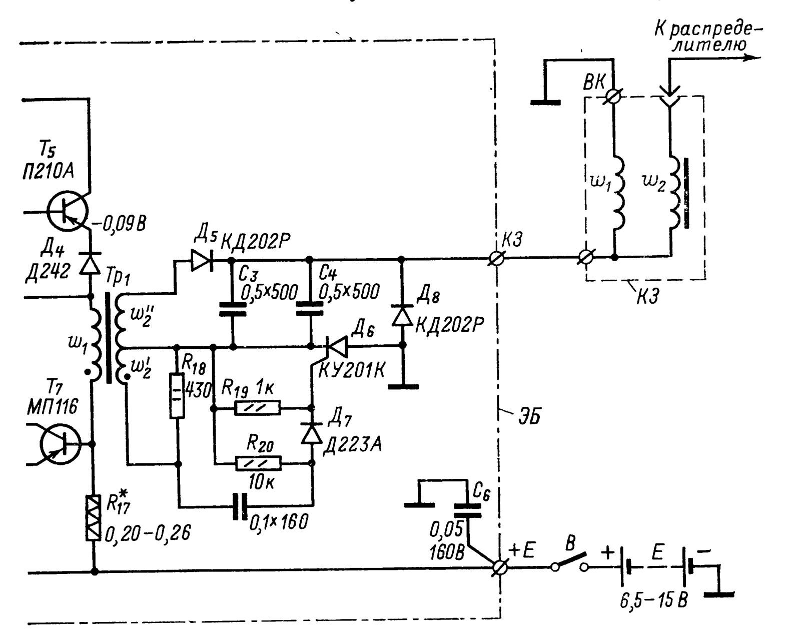
Принципиальная схема конденсаторной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением приведена на рис. 29.

Система зажигания состоит из прерывателя *Пр*, электронного блока *ЭБ*, катушки зажигания *КЗ*, выключателя зажигания *В* и аккумуляторной батареи *Е*.

Электронный блок в свою очередь состоит из следующих основных узлов: триггера (транзисторы T_1, T_2), силового транзисторного ключа (T_3, T_4, T_5), схемы сравнения (T_6, T_7), преобразователя напряжения ($Тр_1$, $Д_5$), накопительных конденсаторов (C_3, C_4), тиристорного ключа ($Д_6$, $Д_7$) и разрядного диода ($Д_8$).

В первоначальный момент после включения питания (независимо от положения контактов прерывателя) триггер устанавливается в устойчивое состояние, при котором транзистор T_2 отперт, а транзистор T_1 заперт. Это происходит потому, что сопротивление резистора R_6, включенного между базой транзистора T_2 и минусом

источника питания, меньше сопротивления резистора R_7, подключенного к базе транзистора T_1. Вследствие того что транзистор T_2 отперт, отпираются транзисторы T_3, T_4, T_5 — силовой ключ замыкается. Поэтому сразу же после включения питания через обмотку w_1 трансформатора TP_1 по цепи $+E$, R_{17}, w_1, $Д_4$, T_5, $-E$ протекает линейно-нарастающий ток (t_1 на рис. 30). Транзистор T_6 схемы сравнения при этом отперт, а транзистор T_7 заперт. По мере нарастания тока в обмотке w_1 увеличивается падение напряжения на



зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

резисторе R_{17}, и когда оно достигает напряжения, имеющегося на последовательно включенных открытых диодах $Д_2$, $Д_3$, транзистор T_7 схемы сравнения отпирается, а транзистор T_6 запирается. Отрицательный импульс с коллектора транзистора T_6 через конденсатор C поступает на базу транзистора T_1, в результате чего триггер переходит в другое устойчивое состояние: транзистор T_1 отпирается, а транзистор T_2 запирается, следовательно, запираются и транзисторы T_3, T_4, T_5 — силовой ключ размыкается, и ток в цепи обмотки w_1 прекращается (t_2 на рис. 30). При этом энергия, накопленная в магнитном поле трансформатора, создает в его обмотках импульсы напряжения. Положительный импульс с конца обмотки w_2'', пройдя через диод $Д_5$, заряжает накопительные конденсаторы C_3, C_4 до напряжения примерно 350 В (t_2' на рис. 30). Импульсы в обмотках w_1 и w_2' являются паразитными.

Допустим, что в момент включения питания контакты прерывателя были замкнуты. Следовательно, конденсатор C_1 зарядится через резисторы R_5, R_4, R_3 до напряжения, примерно равного 1/3 E. Значение этого напряжения определяется коэффициентом деления делителя R_5, R_4, причем плюс напряжения будет на правой (по схеме) обкладке конденсатора. Постоянная времени цепи заряда конденсатора C_1 равна примерно 0,3 мс.

В момент размыкания контактов прерывателя (t_3 на рис. 30) заряженный до напряжения примерно 4 В конденсатор C_1 через ре-

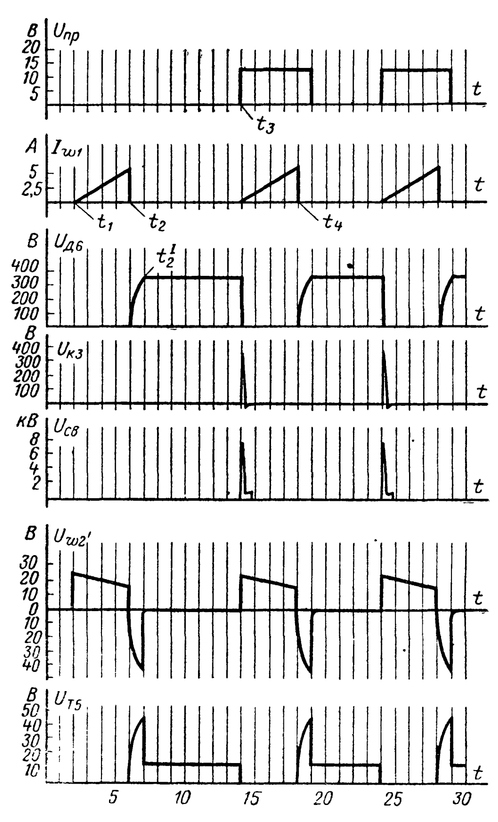


Рис. 30. Временные диаграммы работы конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

$U_{пр}$ — напряжение на контактах прерывателя; I_{w1} — ток через обмотку трансформатора w_1; $U_{Д6}$ — напряжение на тиристоре $Д_6$; $U_{к.з}$ — напряжение на первичной обмотке катушки зажигания; $U_{св}$ — напряжение на свече зажигания; $U_{w_2'}$ — напряжение на обмотке трансформатора w_2'; U_{T5} — напряжение на коллекторе транзистора T_5.

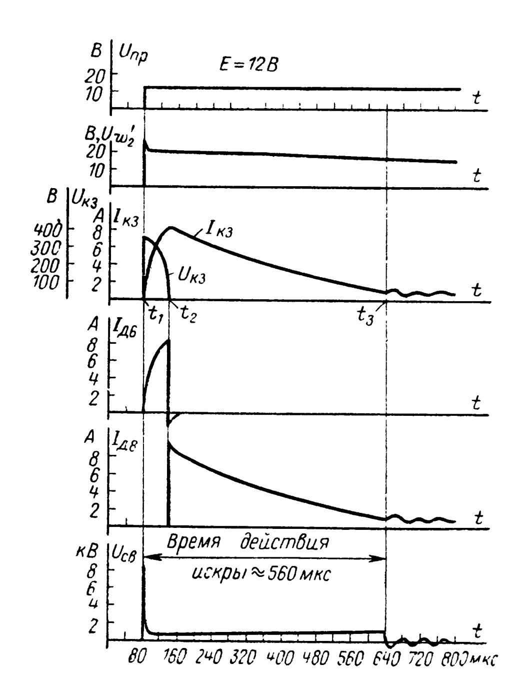


Рис. 31. Временные диаграммы работы конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением в момент искрообразования.

$U_{пр}$ — напряжение на контактах прерывателя; $U_{w_2'}$ — напряжение на обмотке трансформатора w_2'; $U_{к.з}$ — напряжение, $I_{к.з}$ — ток в первичной обмотке катушки зажигания; $I_{Д6}$ — ток через тиристор $Д_6$; $I_{Д8}$ — ток через диод $Д_8$; $U_{св}$ — напряжение на свече зажигания.

зисторы R_1, R_2, R_3 и диод $Д_3$ подключается ко входу триггера. Плюс напряжения от конденсатора через диод $Д_1$ поступает на базу транзистора T_1, вследствие чего триггер переходит в первое устойчивое состояние: транзистор T_1 запирается, а транзистор T_2 отпирается. Следовательно, отпираются также транзисторы T_3, T_4, T_5 — силовой ключ замыкается, и обмотка w_1 трансформатора через резистор R_{17}, диод $Д_4$ и отпертый транзистор T_5 подключается к источнику питания E. При этом в обмотках w_2^{I} и w_2^{II} возникает импульс напряжения. Положительный импульс с начала обмотки w_2^{I} через конденсатор (0,1×160) и диод $Д_7$ поступает на управляющий электрод тиристора $Д_6$, который переключается и подключает заряженные до напряжения 350 В накопительные конденсаторы C_3, C_4 к первичной обмотке катушки зажигания. Напряжение на вторичной обмотке ка-

тушки зажигания в течение нескольких микросекунд достигает напряжения пробоя искрового промежутка свечи зажигания (8—10 кВ), и между электродами свечи зажигается дуговой разряд (t_1 на рис. 31).

Индуктивность первичной обмотки катушки зажигания и накопительные конденсаторы, соединенные между собой через переключившийся тиристор, образуют колебательный контур, в котором возникают затухающие электрические колебания. Как видно из рис. 31, ток в контуре отстает от напряжения на первичной обмотке катушки зажигания на 90°. Через четверть периода (примерно через 60 мкс) напряжение на первичной обмотке катушки зажигания делается равным нулю (t_2 на рис. 31) и затем меняет свой знак[1], тиристор выключается и колебательный контур «разрушается». Однако благодаря наличию диода $Д_8$ ток в первичной обмотке катушки зажигания продолжает протекать в первоначальном направлении и разряд во вторичной цепи продолжается до тех пор, пока практически вся энергия, запасенная в магнитном поле катушки зажигания, не будет израсходована (t_3 на рис. 31). В результате возникает дуга более высокой энергии и температуры, чем в обычных конденсаторных системах зажигания: длительность дугового разряда увеличивается почти в 3 раза. Это обстоятельство положительно влияет на работу двигателя (особенно при частичных нагрузках), уменьшая токсичность выхлопных газов, и, кроме того, облегчает запуск прогретого двигателя на богатой смеси.

Одновременно с возникновением искры в свече зажигания в момент размыкания контактов прерывателя (t_3 на рис. 30) через обмотку w_1 трансформатора протекает линейно-нарастающий ток, и когда он достигнет заданного значения, силовой ключ разомкнется (t_4 на рис. 30) и накопительные конденсаторы снова зарядятся до напряжения 350 В, т. е. повторятся процессы, имевшие место в первоначальный момент после включения питания.

Если пренебречь потерями и считать, что вся запасенная в магнитном поле трансформатора энергия ($Li_p^2/2$) в момент размыкания контактов прерывателя преобразуется в энергию электрического поля накопительных конденсаторов ($Cu_C^2/2$), то значение напряжения заряда накопительных конденсаторов u_C можно определить по следующей формуле:

$$u_C = i_p^2 \sqrt{\frac{L}{S}},$$

где i_p — ток разрыва; L — индуктивность первичной обмотки трансформатора; C — суммарная емкость накопительных конденсаторов.

Как видно из этой формулы, напряжение заряда накопительных конденсаторов от напряжения питания не зависит и при постоянных значениях L и C определяется лишь значением тока разрыва i_p.

Примененная в электронном блоке транзисторная схема сравнения (T_6, T_7) обеспечивает высокое постоянство тока разрыва при изменении напряжения питания в широких пределах.

---

[1] Обратное напряжение на первичной обмотке катушки зажигания вследствие того, что она зашунтирована диодом $Д_8$, не может превышать 1—1,5 В (прямое падение напряжения в диоде) и поэтому на рис. 31 не показано.

При понижении температуры напряжение на последовательно включенных открытых диодах $Д_2$ и $Д_3$ возрастает, в результате увеличиваются ток разрыва и, следовательно, энергия искрообразования и вторичное напряжение, что положительно влияет на запуск холодного двигателя.

Резистор R_{18} предотвращает паразитные колебания в обмотках трансформатора в момент запирания диода $Д_5$ после окончания заряда накопительных конденсаторов (t_2^I на рис. 30).

Резистор R_{20} служит для разряда конденсатора (0,1×160), а резистор R_{19} стабилизирует работу **тиристора** $Д_6$.

Диод $Д_4$ облегчает запирание германиевого транзистора T_5, когда кремниевые транзисторы T_2, T_3, T_4 заперты, что позволяет системе зажигания устойчиво работать при температуре до плюс 65° С.

Скоростные частотные характеристики описываемой системы определяются тремя факторами. Во-первых, временем нарастания тока в цепи обмотки w_1 до значения тока разрыва, которое зависит от индуктивности обмотки w_1 и напряжения питания (при $E=12$ В это время равно примерно 0,004 с). Во-вторых, временем заряда накопительных конденсаторов после прекращения тока, которое от напряжения питания не зависит и для описываемой схемы равно примерно 0,001 с, и, в-третьих, временем заряда конденсатора C_1 после замыкания контактов прерывателя. Постоянная времени цепи заряда конденсатора C_1 равна примерно 0,3 мс, следовательно, этот конденсатор успевает полностью зарядиться примерно через 0,001 с после замыкания контактов прерывателя, т. е. значительно быстрее, чем происходит заряд накопительных конденсаторов.

Поскольку нарастание тока в цепи обмотки w_1 (рис. 30) начинается сразу же после размыкания контактов прерывателя (одновременно с появлением искры в свече зажигания), а накопительные конденсаторы начинают заряжаться сразу же после прекращения тока, то максимальная частота искрообразования в описываемой системе зажигания определяется двумя первыми из перечисленных факторов и при напряжении питания 12 В равна

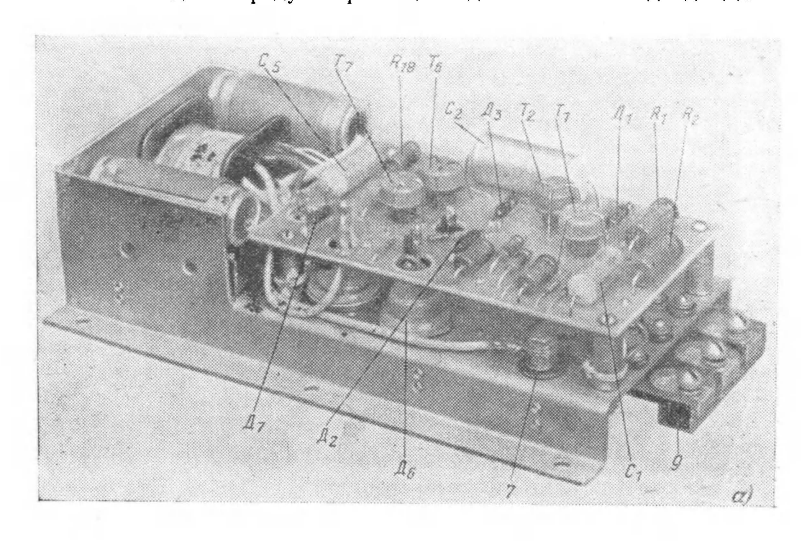
$$\frac{1}{0{,}004\text{с} + 0{,}001\text{с}} = 200 \text{ Гц},$$

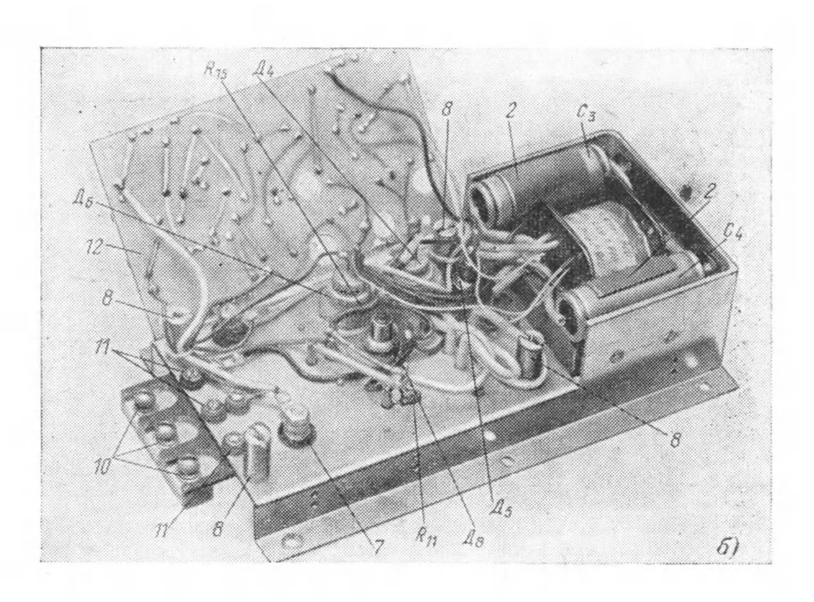
что соответствует 6000 об/мин четырехцилиндрового четырехтактного двигателя.

Уменьшение напряжения в бортовой электросети автомобиля при запуске двигателя стартером вызывает соответствующее увеличение времени нарастания тока в обмотке w_1, однако частота вращения вала двигателя при этом невелика (100—200 об/мин) и нарушений в работе системы зажигания не происходит.

Ток, потребляемый системой зажигания, зависит от числа оборотов двигателя и напряжения питания. При остановленном двигателе и разомкнутых контактах прерывателя он составляет всего 10—15 мА и возрастает с увеличением числа оборотов двигателя, достигая при 4000 об/мин и напряжении питания 12 В примерно 1,7 А. С ростом напряжения питания потребляемый ток уменьшается, а при его падении увеличивается; потребляемая мощность остается практически постоянной.

Описываемая система зажигания обеспечивает надежный запуск двигателя стартером при падении напряжения аккумулятора до 6,5 В. В случае, если необходимо запустить двигатель при еще меньшем напряжении питания (например, 5—5,5 В), в электронном блоке необходимо предусмотреть цепи для замыкания диода $Д_4$ в





момент запуска. Однако, когда двигатель запустится, диод надо разомкнуть, так как при повышении температуры блок может выйти из строя.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Электронный блок системы зажигания состоит из трех основных частей (рис. 32, 33): основания *1*, печатной платы *12* и крышки (на рис. 32 не показана). Основание изготовлено из 2-миллиметрового листа алюминиевого сплава АМцМ, что обеспечивает хороший теплоотвод для установленных на нем транзисторов T_3, T_4, T_5, тиристора $Д_6$ и диодов $Д_4$, $Д_5$, $Д_8$.

Транзистор T_5 и тиристор $Д_6$ монтируют непосредственно на основании, а остальные транзисторы и диоды изолированы от основания лавсановыми прокладками толщиной 0,01 мм и текстолитовыми втулками 4, 5.

Накопительные конденсаторы C_3 и C_4 крепят к основанию при помощи двух стальных скоб *2* четырьмя винтами М2, а трансформатор $Тр_1$ — стальной обоймой *3* и винтами М3; в соответствующие отверстия скоб *2* и обоймы *3* запрессованы резьбовые втулки (на рис. 33 не показаны).

Проволочный резистор R_{17} припаян к латунным контактам, закрепленным на основании двумя винтами М3. Контакты изолированы от основания текстолитовыми втулками *6* и шайбами *7* (рис. 32).

Резистор R_{11} припаян непосредственно к выводам транзистора T_4, а резистор R_{15} — к выводам транзистора T_4 и диода $Д_4$ и заключен в изоляционную трубку.

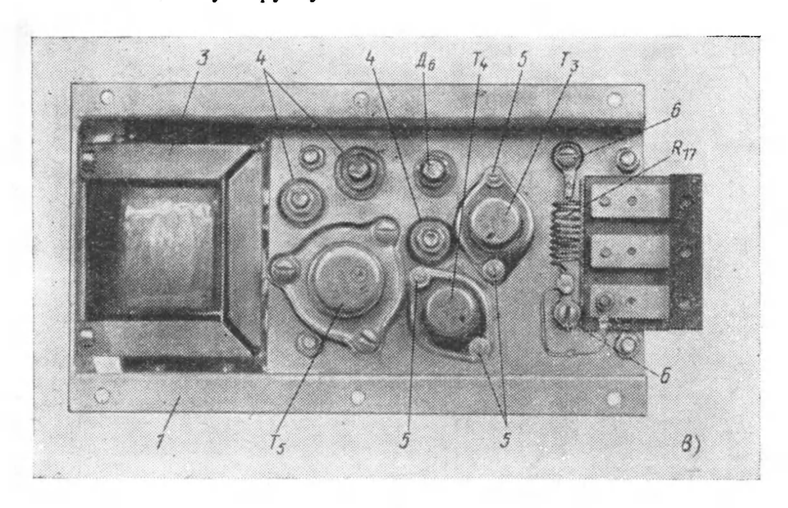
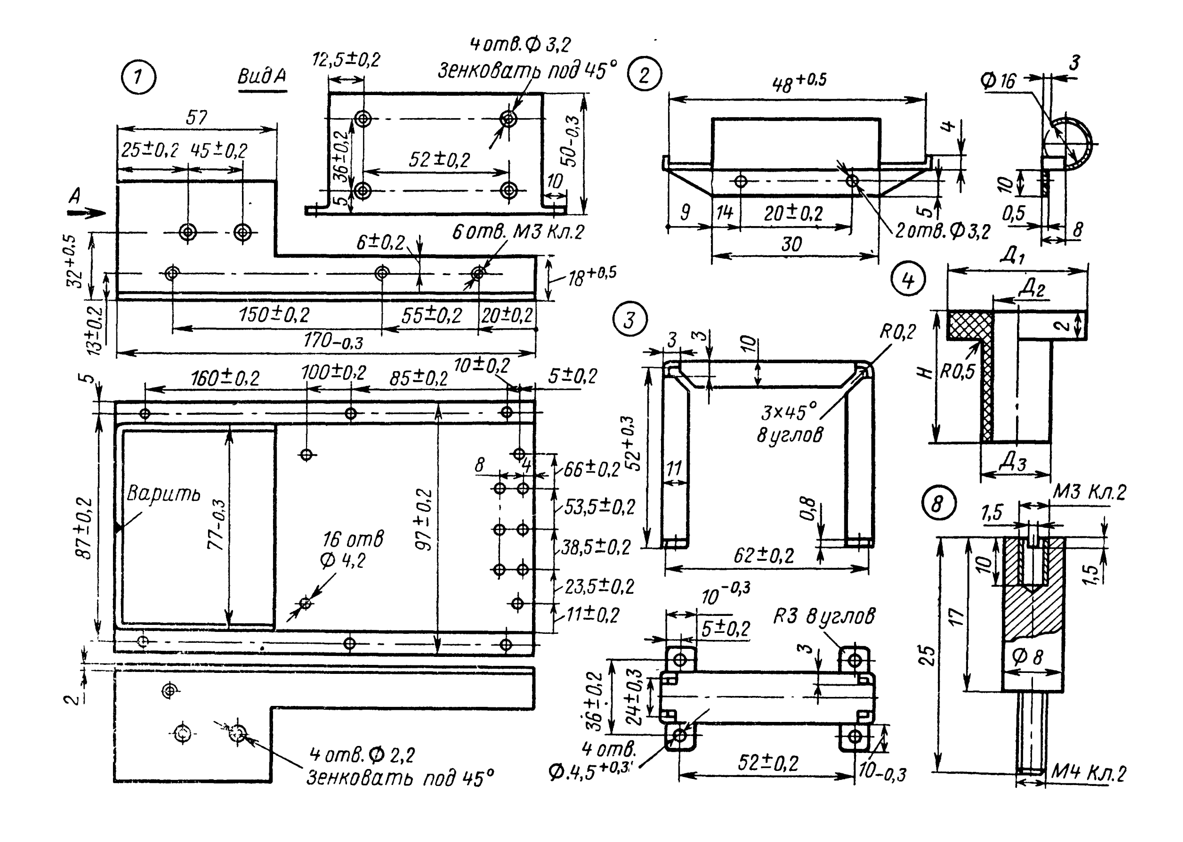


Рис. 32. Устройство электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

а — общий вид; *б* — вид на блок со снятой печатной платой; *в* — вид снизу; *1* — основание; *2* — скоба крепления конденсатора; *3* — обойма трансформатора; *4—6*, *11* — текстолитовые втулки; *7* — текстолитовая шайба; *8* — стойка; *9* — колодка; *10* — контакты; *12* — печатная плата.


1
Вид А
A
57
25±0,2
45±0,2
12,5±0,2
4 отв. Ф 3,2
Зенковать под 45°
52±0,2
36±0,2
50-0,3
10
5
6±0,2
6 отв. М3 Кл.2
32+0,5
18+0,5
13±0,2
150±0,2
55±0,2
20±0,2
170-0,3
160±0,2
100±0,2
85±0,2
10±0,2
5±0,2
87±0,2
Варить
77-0,3
16 отв
Ф 4,2
97±0,2
8
4
66±0,2
53,5±0,2
38,5±0,2
23,5±0,2
11±0,2
2
4 отв. Ф 2,2
Зенковать под 45°
2
48+0,5
4
9
14
20±0,2
30
5
2 отв. Ф 3,2
Ф 16
3
10
0,5
8
3
3
3
10
R0,2
52+0,3
3×45°
8 углов
11
0,8
62±0,2
4
Д1
Д2
2
H
R0,5
Д3
8
М3 Кл.2
1,5
10
1,5
17
25
Ф 8
М4 Кл.2
10-0,3
5±0,2
R3 8 углов
3
36±0,2
24±0,3
4 отв.
Ф.4,5+0,3
52±0,2
10-0,3

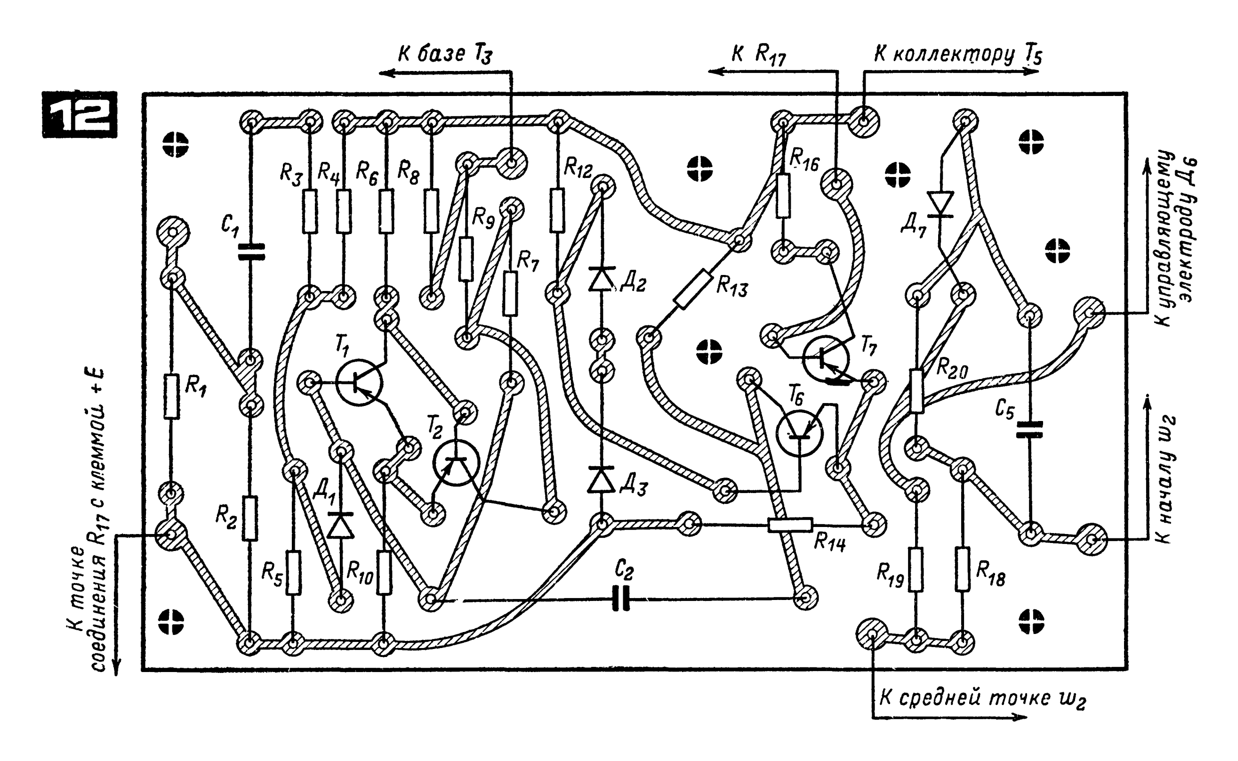

К базе T_3
К R_{17}
К коллектору T_5
12
К управляющему электроду $Д_6$
К началу w_2
К средней точке w_2
К точке соединения R_{17} с клеммой +E
R_1
R_2
R_3
R_4
R_5
R_6
R_7
R_8
R_9
R_{10}
R_{12}
R_{13}
R_{14}
R_{16}
R_{18}
R_{19}
R_{20}
C_1
C_2
C_5
$Д_1$
$Д_2$
$Д_3$
$Д_7$
T_1
T_2
T_6
T_7

Рис. 33.

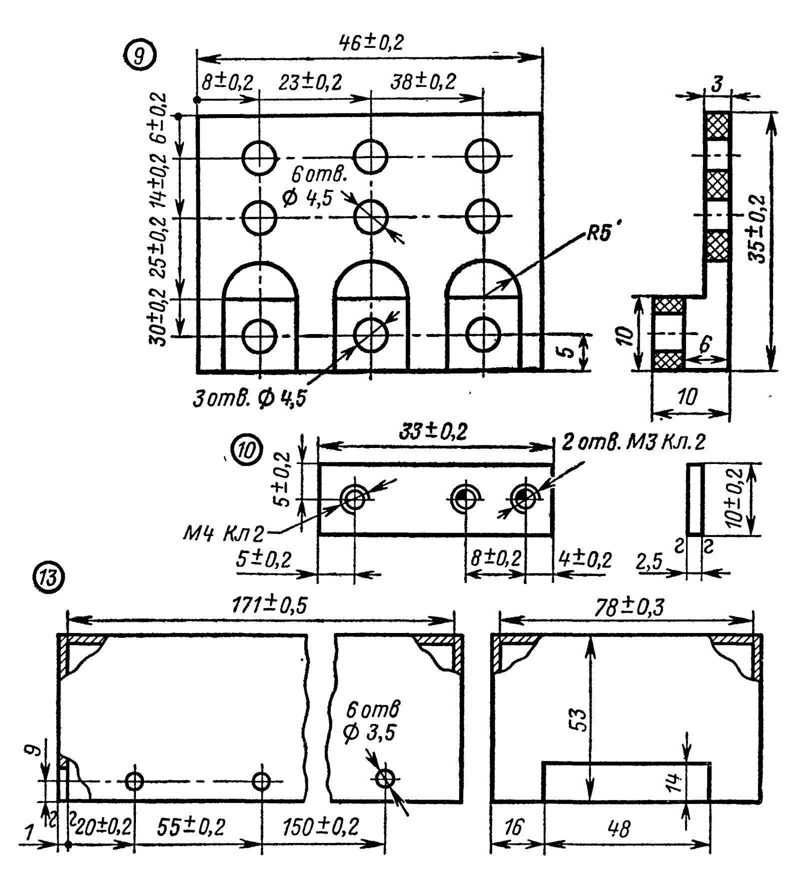


Рис. 33. Детали электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

1 — основание; *2* — скоба (2 шт.); *3* — обойма; *4—6*, *11* — втулки; *8* — стойка (4 шт.); *9* — колодка; *10* — контакт (3 шт.); *12* — плата со стороны монтажа; *13* — крышка.

Остальные элементы блока размещены на печатной плате *12* размерами 110×65×1,5 мм. Плата соединена с основанием четырьмя латунными стойками *8* с помощью винтов М3.

Для подключения внешних цепей на основании закреплены шестью винтами М2,5 три латунных контакта *10* с винтами М4. Контакты изолированы от основания текстолитовой колодкой *9* и шестью втулками *11*. Контакты имеют гравировку: «+Е», «КЗ», «Пр» в соответствии с электрической схемой (см. рис. 29). Стальная крышка *13* крепится к основанию шестью винтами М3.

Размеры $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ и H втулок *4*, *5*, *6*, *11* в указанной последовательности приведены ниже:

$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	H
$8^{-0,3}$	$3,2^{+0,1}$	$4^{-0,1}$	5,5
$6^{-0,3}$	$2,2^{+0,1}$	$3,5^{-0,1}$	5,0
$10^{-0,3}$	$4,2^{+0,1}$	$5^{-0,1}$	4,5
$8^{-0,3}$	$3,2^{+0,1}$	$4^{-0,1}$	5,5

Для крепления блока на автомашине в основании имеются шесть отверстий. Блок крепится без амортизаторов.

Типы транзисторов и диодов, номиналы резисторов и конденсаторов, а также рабочие напряжения конденсаторов и мощности рассеивания резисторов указаны на рис. 29.

Резистор R_{17} выполнен из манганиновой проволоки диаметром 1 мм в виде спирали (см. рис. 32). Остальные резисторы стандартные, типа МЛТ. Все конденсаторы применены типа МБМ.

Трансформатор $Тр_1$ имеет магнитопровод Ш16×24 из стали Э-330 или Э-340 с зазором 0,15—0,25 мм из немагнитного материала, например прессшпана. Может быть применен магнитопровод от унифицированного выходного трансформатора кадров телевизора ТВК-70. Все обмотки мотают проводом ПЭВ-2. Обмотка w_1 имеет 72 витка провода диаметром 1,2 мм (сопротивление постоянному току около 0,125 Ом); w_2 — 120+860 витков провода диаметром 0,18 мм (сопротивление постоянному току 10+74 Ом). Намотка производится в порядке нумерации обмоток. После намотки катушку трансформатора желательно пропитать каким-либо влагостойким изоляционным компаундом. При монтаже блока следует обратить внимание на правильность подключения обмоток трансформатора: на рис. 29 начала обмоток обозначены точками.

Накопительные конденсаторы C_3, C_4 являются ответственными элементами электронного блока, в связи с чем перед установкой рекомендуется проверить их сопротивление изоляции. Сопротивление изоляции проверяется любым мегаомметром с выходным напряжением 100 В (например, типа МОМ-4) через 1 мин после установления указанного напряжения. При температуре +20° С сопротивление изоляции каждого конденсатора должно быть не ниже 2000 МОм, а при температуре +70° С — не ниже 80 МОм (требования технических условий).

Хорошие результаты дает применение вместо двух конденсаторов C_3, C_4 типа МБМ емкостью по 0,5 мкФ каждый или одного конденсатора типа МБГЧ емкостью 1 мкФ на напряжение 500 В, имеющего гораздо лучшие электрические характеристики. Однако этот конденсатор имеет бо́льшие габариты, чем конденсаторы МБМ, в связи с чем габариты электронного блока увеличатся.

Для работы в блоке пригодны любые транзисторы и диоды указанного на схеме типа, параметры которых соответствуют действующим на них техническим условиям. При замене полупроводниковых приборов другими типами следует руководствоваться соответствующей справочной литературой, например [40]. Все полупроводниковые приборы, кроме транзистора T_5, должны быть обязательно кремниевые. Параметры заменяющих диодов указаны в табл. 2, транзисто-

ров — в табл. 3. Максимальное прямое напряжение тиристора $Д_6$ (напряжение переключения) должно быть не менее 420 В, постоянный или средний прямой ток не менее 2 А, а ток утечки не более 1 мА. Параметры тиристора (напряжение переключения и ток утечки) перед постановкой в блок следует проверить, как это указано

Таблица 2

Обозначение на схеме и тип	Постоянное обратное напряжение не менее, В	Прямой ток не менее		Возможная замена
		в импульсе	средний	
$Д_1$ — Д223	10	12 мА	0,25 мА	Д219А, Д220, Д220А, Д220Б, Д223А, Д223Б, Д101А, Д102А, Д103А, Д104А, Д105А, Д106А, Д219С, КД103А, КД103Б
$Д_2$, $Д_3$ — Д223	0	8 мА	7 мА	
$Д_4$ — Д244	0	7 А	1,75 А	Д242, Д242А, Д243, Д243А, Д245, Д245А, Д246, Д246А, Д247, КД203А, КД203В, КД203Д
$Д_5$ — КД202Р	600	0,6 А	0,06 А	КД202С, КД203 с любым буквенным индексом, Д248Б
$Д_7$ — Д223А	55	0,3 А	1,5 мА	Д223Б, Д220Б, КД102А, КД102Б, КД103А, КД103Б
$Д_8$ — КД202Р	400	8,8 А	1,28 А	Д246, Д246А, Д246Б, Д247, Д247Б, Д248Б, КД203 с любым буквенным индексом, КД202К, КД202М

Примечания: 1. Замена диодов $Д_2$, $Д_3$ может потребовать изменение сопротивления резистора R_{17}.
2. Диод $Д_5$ должен иметь обратный ток не более 100 мкА.

в § 3. Возможная замена тиристора КУ201Л, КУ202М, КУ202Н, ВКУ-10.

Если в наличии окажутся тиристоры с максимальным прямым напряжением больше 220, но меньше 400 В, то можно применить два тиристора, включив их последовательно, как это сделано в электронных блоках, описанных в § 9. Однако сопротивления резисторов R_5 и R_6 (см. рис. 12) в данном случае следует увеличить до 1,0—1,5 МОм.

Таблица 3

Обозначение на схеме и тип	Напряжение коллектор—эмиттер не менее, В	Ток коллектора не менее		Возможная замена
		импульсный	средний	
T_1—МП116 T_2—МП116	1,5 13	6 мА 27 мА	2,4 мА 10 мА	МП114, МП115, КТ203 с любым буквенным индексом
T_3—П701	45	60 мА	18 мА	КТ608А, КТ608Б, П701А, КТ801А, КТ801Б
T_4—П701	45	350 мА	90 мА	
T_5—П210А	48	7 А	2,1 А	ГТ701А, ГТ806А — ГТ806В, П210Б, П210Ш
T_6—МП116 T_7—МП116	6 14	1,5 мА 1 мА	— —	МП114, МП115, КТ203 с любым буквенным индексом

Примечание. Транзистор П210Б может быть применен только после специального отбора; обратный ток коллектора при температуре +70° С не должен превышать 40 мА.

НАЛАЖИВАНИЕ

Если блок собран правильно из заведомо исправных деталей, то налаживание его заключается лишь в проверке и в случае необходимости регулировке напряжения заряда накопительных конденсаторов. При нормальной температуре оно должно находиться в пределах от 340 до 360 В. Регулировка ведется изменением сопротивления резистора R_{17}: при уменьшении сопротивления ток разрыва и напряжение заряда растут, при увеличении — падают.

При проверке и регулировке блока должна быть подсоединена катушка зажигания с искровым промежутком (например, свечей). Вместо контактов прерывателя можно использовать контакты какого-либо поляризованного реле (например, РП-4), обмотку которого подсоединяют к звуковому генератору или к сети переменного тока напряжением 120 или 220 В, 50 Гц (в последнем случае через какой-либо понижающий трансформатор или гасящее сопротивление). Напряжение на конденсаторах C_3, C_4 нельзя измерить обычным вольтметром — надо пользоваться измерительным осциллографом (С1-4, С1-19 и др.) или же специальным импульсным вольтметром.

Если их нет, можно производить измерение по схеме рис. 34. При этом вольтметр постоянного тока должен быть на напряжение не менее 400 В с током потребления не более 50 мкА.

С целью облегчения нахождения каких-либо неисправностей в блоке (ошибок в монтаже или недоброкачественных элементов) на рис. 29 указаны значения напряжений в характерных точках схемы исправного блока. Они измерены относительно клеммы «+Е» тестером с внутренним сопротивлением 25 кОм/В со шкалами 0,5; 2,5; 10; 25 В при напряжении питания 12 В и остановленном двигателе.

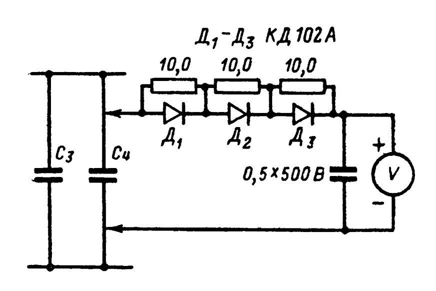


Рис. 34. Схема измерения напряжения на накопительных конденсаторах.

Проверку и регулировку блока удобно производить с помощью специального пульта, собранного по схеме рис. 35. К клеммам пульта «+Е», «—Е», соблюдая обозначенную полярность, подключают регулируемый источник постоянного тока с напряжением от 6 до 15 В и током не менее 6 А, например, типа Б1-21. Может быть использован также стартерный аккумулятор, напряжение которого можно ступенчато регулировать подключением части банок. Для плавной регулировки напряжения необходимо одновременно подзаряжать аккумулятор от какого-либо зарядного устройства с регулируемым током заряда.

К клеммам пульта «ЗГ» подключают звуковой генератор, например, типа ГЗ-33. Электронный блок подключают к спецнаконечникам «КЗ», «Пр», «⊥», «+Е».

Как видно из схемы, катушка зажигания находится внутри пульта. Напряжение на ее первичной обмотке (см. рис. 32) измеряется импульсным вольтметром, собранным на элементах $ИП_1$, C_1, $Д_1$—$Д_3$. Резисторы R_1—R_3 выравнивают обратные напряжения на диодах $Д_1$—$Д_3$. Свеча зажигания (разрядник $Рр_1$) находится снаружи пульта. Расстояние между ее электродами должно быть равно 2—3 мм.

Роль контактов прерывателя выполняет транзистор T_1, управляемый релейным усилителем постоянного тока на транзисторах T_2 и T_3. При включении выключателя B_2 напряжение питания поступает к транзисторам и через амперметр $ИП_3$ — к электронному блоку. При этом транзистор T_3 заперт, а транзисторы T_1 и T_2 отперты, что соответствует замкнутым контактам прерывателя. При подаче сигнала от звукового генератора «контакты прерывателя» размыкаются и замыкаются с частотой работы звукового генератора. Отрицательная полуволна сигнала от *«ЗГ»* проходит через диод $Д_4$ и резистор R_{10} и отпирает транзистор T_3; вследствие этого транзисторы T_1 и T_2 запираются — «контакты прерывателя» размыкаются. Положительная полуволна сигнала от «ЗГ» через диод $Д_4$ не проходит, транзистор T_3 запирается, а транзисторы T_1 и T_2 отпираются — «контакты прерывателя» замыкаются, и так до тех пор, пока подано напряжение питания и поступает сигнал от звукового генератора.

Цепочка положительной обратной связи C_5R_8 обеспечивает необходимую скорость размыкания и замыкания «контактов» независимо от частоты сигнала звукового генератора.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы резисторов и конденсаторов, примененных в пульте, указаны на схеме (см. рис. 35).

Вольтметр $ИП_1$ рассчитан на напряжение 400—500 В с потребляемым током не более 50 мкА, вольтметр $ИП_2$ — на напряжение 15—20 В, амперметр $ИП_3$ — на 3 А. Класс точности измерительных приборов не ниже 1,5. Катушка зажигания *КЗ*, резисторы и конден-

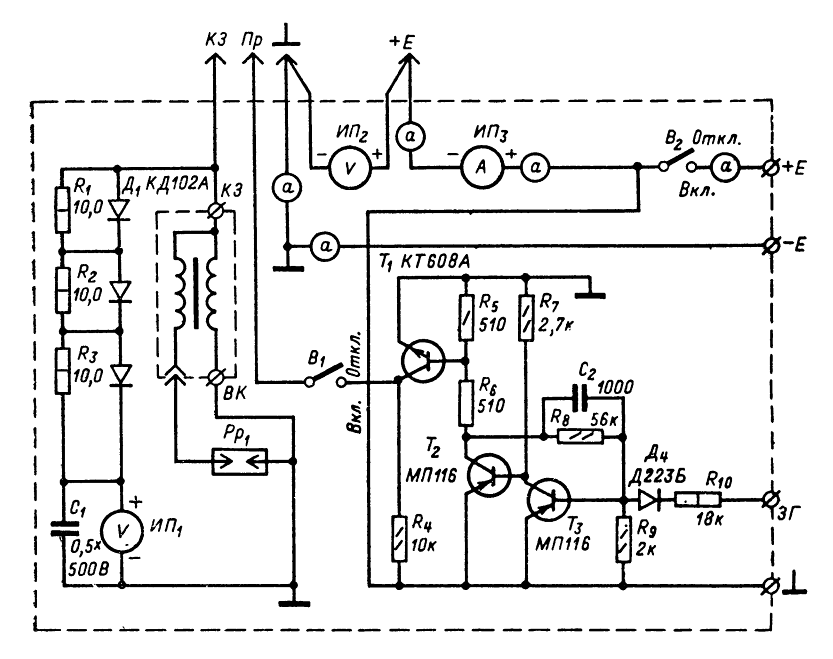


Рис. 35. Схема пульта для проверки и регулировки электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

саторы любого типа. В качестве разрядника $Рр_1$ используют свечу зажигания, электроды которой выводят наружу пульта и закрывают для безопасности колпачком из какого-либо прозрачного материала, например органического стекла.

Цепи пульта, отмеченные буквой «а», следует вести проводом с сечением не менее 3 мм^2, а цепь от катушки зажигания к разряднику — высоковольтным проводом типа ПВС. Длина проводов, выходящих из пульта, для подключения проверяемого блока должна быть не более 1,0 м, причем вольтметр $ИП_2$ должен быть подключен непосредственно к спецнаконечникам «⊥» и «+Е», как это показано на схеме.

Транзисторы МП116 могут быть заменены на МП115 или МП114, а КТ608А — на КТ608Б, П701А или П701. Диоды КД102А могут быть заменены диодами КД102Б или Д223Б.

Прежде чем приступить к регулировке блока, необходимо убедиться в его работоспособности, для чего, не подавая сигнала от звукового генератора, наблюдают по амперметру $ИП_3$ ток, потребляемый блоком при замкнутом и разомкнутом выключателе B_1 и напряжении питания 12 В (по $ИП_2$). В первом случае ток не должен превышать 50 мА, а во втором — 300 мА. Затем следует подать от звукового генератора сигнал с частотой 20 Гц и напряжением 20—30 В и убедиться, что между электродами свечи искрообразование устойчивое.

Регулировку блока следует производить при напряжении питания 12 В и частоте сигнала от «ЗГ» 50—100 Гц. Изменяя сопротивление резистора R_{17}, надо добиться, чтобы напряжение на первичной обмотке катушки зажигания находилось в пределах от 340 до 360 В (по вольтметру $ИП_1$). Целесообразно первоначально установить в блок резистор R_{17} с сопротивлением на 20—30% больше указанного на схеме, например 0,3 Ом, и затем, уменьшая его (откусывая часть витков), добиться нужного значения напряжения. Затем следует произвести проверку работы блока в режимах, указанных в табл. 4.

Таблица 4

№ п.п.	Напряжение питания по вольтметру $ИП_2$, В	Частота сигнала от «ЗГ», Гц	Напряжение на первичной обмотке катушки зажигания по вольтметру $ИП_1$, В	Ток, потребляемый блоком по амперметру $ИП_3$, А
1	15	200	345—365	1,7—2,2
2	12	150	340—360	1,6—2,0
3	12	20	340—360	0,2—0,4
4	6,5	20	Не менее 320	0,5—1,2

При этом следует обратить внимание на разницу напряжений по вольтметру $ИП_1$ при проверках по пп. 2 и 3 табл. 4: напряжение на первичной обмотке катушки зажигания при частоте искрообразования 150 Гц (п. 2) должно быть всегда больше напряжения при частоте 20 Гц (п. 3). Отсутствие разницы этих напряжений или разница, превышающая 10 В, указывает на неисправность блока[1].

Если имеется возможность (например, есть в наличии термостат), блок следует проверить при крайних значениях рабочих температур — повышенной $+55 \div +60°$ С и пониженной $-40 \div -45°$ С, причем особенно важна первая из указанных проверок, так как в реальных условиях эксплуатации (при установке блока под капотом автомобиля) он большую часть времени работает именно при повышенной температуре. Вместе с тем примененные в блоке в качестве накопительных (C_3, C_4) малогабаритные конденсаторы типа МБМ часто при повышении температуры резко снижают сопротивление изоляции, что может привести к отказу блока.

[1] Подробнее об этом см. в разд. «Возможные неисправности».

Для проверки при повышенной температуре блок устанавливают в термостат с температурой +55°÷+60° С, включают в режим 12 В, 130 Гц и выдерживают во включенном состоянии не менее 2 ч. После этого, не вынимая блок из термостата, производят проверку работоспособности в режимах пп. 1—3 табл. 4. При этом напряжение по вольтметру $ИП_1$ должно быть не менее 300 В, а напряжение при проверке по п. 3 табл. 4 должно быть меньше напряжения по п. 2, но не более чем на 15 В. Ток, потребляемый блоком, должен быть на 15—20% меньше, чем он был при нормальной температуре.

Проверка работоспособности блока при пониженной температуре производится после его выдержки в термостате при температуре —40÷—45° С в течение 2 ч в выключенном состоянии. Не вынимая блок из термостата, производят его проверку в режимах, указанных в табл. 4, однако в обратной последовательности (сначала п. 4). Напряжение по $ИП_1$ должно быть не более 410 В и не менее 350 В, а ток по $ИП_2$ на 15—20% больше, чем он был при нормальной температуре.

УСТАНОВКА НА АВТОМОБИЛЕ

Блок устанавливают на автомобиле в удобном для монтажа месте, где температура не превышает +60° С (на автомашине «Жигули» — под капотом на левом крыле, рядом с катушкой зажигания, на автомашине «Москвич» — на правом крыле и т. д.).

Порядок установки следующий.

1. Выбирают место, просверливают соответствующие отверстия и устанавливают блок, закрепив его с помощью смазанных предварительно солидолом винтов, гаек и шайб. Крепление блока должно обеспечить хороший электрический контакт его корпуса с корпусом автомобиля.

2. Отсоединяют провод, идущий от клеммы «ВК-Б» катушки зажигания к выключателю зажигания. Затем отсоединяют от этой клеммы и отгибают вывод вариатора (добавочного резистора), а провод от выключателя зажигания подсоединяют обратно к клемме «ВК-Б».

Отсоединяют провод, идущий к замыкателю стартера от клеммы «ВК» катушки зажигания, и подсоединяют его к клемме «ВК-Б».

На автомобилях «Жигули» отсоединяют провод, от клеммы «Б» катушки зажигания идущий к выключателю зажигания, и подключают его к клемме «+Е» электронного блока (в случае необходимости провод удлиняют).

3. Отсоединяют провод, идущий от прерывателя-распределителя к необозначенной клемме катушки зажигания, и, если он идет не в жгуте, снимают его. В противном случае концы провода изолируют лентой.

На автомобилях «Жигули» отсоединяют провод от необозначенной клеммы катушек затягивания, идущий к прерывателю, и подключают его к клемме «Пр» электронного блока.

На автомобиле «Жигули» ВАЗ-2103 провод, идущий к тахометру, должен остаться на необозначенной клемме катушки зажигания.

4. Клемму «ВК» катушки зажигания (на автомобилях «Жигули» клемму «+Б») соединяют коротким проводом сечением не менее 0,5 мм² с массой (с корпусом) автомобиля (болтом крепления катушки).

5. Подключают три длинных провода к клеммам блока «Пр», «КЗ», «+Е» (на автомобилях «Жигули» один провод к клемме «КЗ»).

Определяют необходимую длину проводов для соединения блока с клеммами катушки зажигания и прерывателя-распределителя, после чего лишние концы откусывают.

6. Провод от клеммы блока «Пр» соединяют с клеммой прерывателя-распределителя.

7. Провод от клеммы блока «КЗ» соединяют с необозначенной клеммой катушки зажигания (на автомобиле «Жигули» ВАЗ-2103 вместе с имеющимся там проводом от тахометра).

8. Провод от клеммы блока «+Е» соединяют с клеммой «ВК-Б» катушки зажигания вместе с имеющимися там проводами от выключателя зажигания и замыкателя стартера (на автомобилях «Жигули» это не выполняют).

Все электрические соединения желательно выполнять с помощью специальных наконечников, припаянных к концам проводов. Провод от клеммы блока «+Е» должен иметь сечение не менее 0,75 мм^2.

При установке блока на автомашину контакты прерывателя дополнительно зачищать и регулировать не нужно. Состояние контактов на процесс искрообразования не влияет. Если даже переходное сопротивление контактов будет порядка 10 Ом, нормальная работа системы зажигания не нарушится.

Срок службы контактов прерывателя при работе в описываемой системе зажигания определяется лишь их механическим износом.

Катушка зажигания может быть любого типа. Однако при использовании катушки старого типа от автомобиля, у которого с корпусом соединен положительный полюс аккумуляторной батареи (например, типа Б-21 от автомобиля «Победа»), клемма блока «КЗ» должна быть соединена с клеммой «ВК» катушки, а ее средняя точка (необозначенная клемма) — с массой автомобиля.

Зазоры в свечах при установке системы зажигания следует увеличить на 20—30% относительно рекомендуемого заводом-изготовителем автомобиля, что обеспечит более полное сгорание топлива в цилиндрах и связанные с этим увеличение мощности двигателя и снижение токсичности выхлопных газов.

Лабораторные испытания, а также эксплуатация в течение 5 лет большого количества электронных блоков описанной системы зажигания показали хорошие результаты. При увеличении напряжения питания с 6,4 до 15 В (на 134%) напряжение на первичной обмотке катушки зажигания возрастало всего на 4% (с 349 до 363 В). С понижением температуры от +20 до —40° С напряжение на первичной обмотке катушки зажигания увеличивалось на 15,5% (с 359 до 415 В), а при повышении температуры до +60° С уменьшалось лишь на 8% (до 331 В).

Применение описанной системы зажигания практически полностью устраняет необходимость ухода за свечами зажигания и контактами прерывателя (их чистку, регулировку зазора, замену), облегчая тем самым обслуживание автомобиля.

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

Здесь следует еще раз отметить, что правильно собранный (в соответствии со схемой рис. 29) блок работает сразу и никаких регулировок, кроме подбора сопротивления резистора R_{17}, не требует.

Однако установка в блок какого-либо некачественного элемента или неправильная его установка могут причинить немало хлопот автолюбителю, прежде чем он обнаружит неисправность. Поэтому ниже приведены некоторые характерные неисправности блока.

1. *Блок налажен в соответствии с описанием, напряжение заряда накопительных конденсаторов 350 В, двигатель заводится очень хорошо, однако не развивает больших оборотов (подобно позднему зажиганию).*

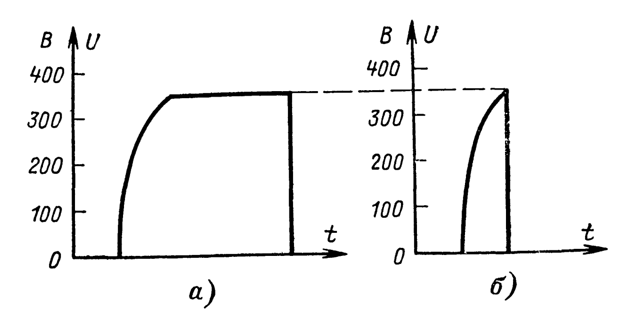


Рис. 36. Форма напряжения на накопительных конденсаторах в электронном блоке контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

а — блок исправен: *б* — блок неисправен.

Причина этого может заключаться в неисправности диода $Д_7$ (пробит, мало обратное сопротивление), отсутствии или неисправности резистора R_{18} (обрыв печатного проводника, другой номинал, внутренний обрыв). В этих случаях тиристор $Д_6$ будет переключаться не в момент размыкания контактов прерывателя, а сразу же после окончания заряда накопительных конденсаторов (t_2' на рис. 30) вследствие возникающих в обмотках дросселя после запирания диода $Д_5$ паразитных колебаний, т. е. с запаздыванием примерно на 4 мс. Эту неисправность можно легко обнаружить до установки блока на автомашину с помощью осциллографа, наблюдая форму напряжения на накопительных конденсаторах во время наладки блока (рис. 36).

Кроме того, в этом случае при изменении частоты искрообразования напряжение на первичной обмотке катушки зажигания не будет изменяться (см. описание проверки и регулировки блока с помощью пульта). Эту неисправность можно определить и другим способом. Сразу же после остановки двигателя (если блок установлен на автомашине) или сразу же после отключения обмотки поляризованного реле при наладке блока (сразу же после остановки якоря поляризованного реле) надо замерить напряжение на накопительных конденсаторах блока. Измерение следует производить вольтметром постоянного тока на напряжение не менее 300 В. Если блок исправен, стрелка вольтметра при подключении его к накопительному конденсатору [плюс вольтметра должен быть подключен к верхней (по схеме) обкладке конденсатора] резко отклонится вправо до на-

пряжения 200—300 В и затем плавно вернется к нулевому делению. При неисправном блоке стрелка останется на нулевом делении шкалы.

В случае отсутствия вольтметра проверку напряжения на накопительных конденсаторах можно произвести «на искру», замыкая обкладки накопительного конденсатора накоротко. Наличие искры при замыкании укажет на исправность блока.

2. *Напряжения на элементах электронного блока соответствуют указанным на схеме, однако напряжение на накопительных конден-*

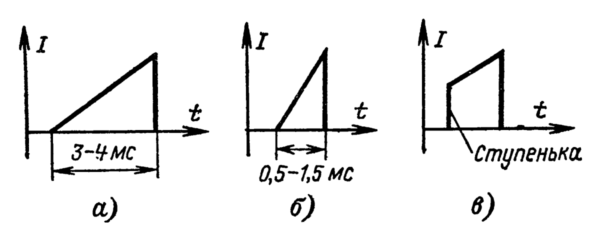


Рис. 37. Форма напряжения на резисторе R_{17} в электронном блоке конденсаторной контактной системы зажигания со стабилизированным вторичным напряжением.

а — блок исправен; *б* — мала индуктивность обмотки трансформатора w_1; *в* — короткое замыкание во вторичной цепи или обмотках трансформатора.

саторах составляет всего 140—150 В. Уменьшение сопротивления резистора R_{17} желательных результатов не дает, кроме увеличения тока, потребляемого блоком.

Причины неисправности могут быть следующие:

мала индуктивность обмотки w_1 трансформатора, что может явиться следствием несоответствующего зазора в сердечнике, отсутствие зазора вообще (трансформатор собран «вперекрышку»), плохое качество железа, замыкания в обмотках трансформатора (наиболее вероятно в обмотке w_2);

неисправность элементов вторичной цепи — мало обратное сопротивление диода $Д_5$, велик ток утечки тиристора $Д_6$, мало сопротивление изоляции конденсаторов C_3C_4, или конденсаторы применены с большей емкостью, чем указано на схеме.

Эту неисправность можно определить с помощью осциллографа, наблюдая форму импульсов напряжения на резисторе R_{17} (форму тока через обмотку w_1 (рис. 37). В случае, если напряжение на резисторе R_{17} имеет форму, показанную на рис. 37, *б*, а трансформатор собран правильно, следует подобрать оптимальную для данного типа железа величину зазора; изменяя толщину прокладки, необходимо добиться максимального напряжения заряда накопительных конденсаторов.

3. *Блок установлен в отсеке двигателя. Двигатель хорошо запускается и нормально работает в течение 1—1,5 ч, затем появляются перебои. После остановки двигателя на 20—30 мин картина повторяется.*

Причина заключается в неисправности накопительных конденсаторов, сопротивление изоляции которых резко падает по мере нагрева блока. Эту неисправность можно также определить, наблюдая

форму импульсов тока через обмотку w_1 трансформатора $Тр_1$ (рис. 37). При появлении перебоев в искрообразовании импульсы на рис. 37, *а* будут чередоваться с импульсами рис. 37, *в*, причем указанная неисправность может иметь место лишь в том случае, когда ток выключения тиристора $Д_6$ мал и при повышенной температуре составляет 0,5—1,0 мА (по техническим условиям не более 100 мА).

Кроме того, показания на рис. 37, *в* осциллограмма может наблюдаться в случае короткого замыкания витков обмотки w_2 трансформатора. При этом напряжение заряда накопительных конденсаторов обычно не превышает 150 В.

7. Практические схемы конденсаторной бесконтактной системы зажигания с фотодиодом

Длительная эксплуатация описанных в предыдущих параграфах электронных контактных систем зажигания показала их положительные качества.

Однако наличие механических контактов прерывателя все же является недостатком. Момент зажигания в системе с механическими контактами изменяется по мере износа трущихся деталей прерывателя, что требует периодической регулировки. Возможно также изменение момента зажигания вследствие механических резонансов деталей прерывателя при определенных частотах вращения вала распределителя. Кроме того, синхронизация момента зажигания с помощью кулачка сложного профиля и механических контактов, как это осуществляется на современных автомобилях, не обеспечивает необходимой точности момента зажигания для различных цилиндров, что вызывает потерю мощности двигателя. Если, например, момент зажигания точно установить для первого цилиндра, то для остальных цилиндров он может отличаться более чем на 2—3°. В этом нетрудно убедиться с помощью простейшего стробоскопа на неоновой лампе (например, МН-7). Если неоновую лампу (через гасящий резистор) подсоединить параллельно свече первого или четвертого цилиндра, то метка на маховике двигателя будет казаться неподвижной.

Однако если неоновую лампу подсоединить к центральному проводу распределителя, то метка будет «прыгать». Подобное явление, видимо, связано с трудностью точного изготовления профиля кулачка прерывателя, имеющего относительно малый диаметр, в связи с чем небольшие неточности его линейных размеров вызывают значительные угловые погрешности момента зажигания.

Дальнейшим усовершенствованием системы зажигания, устраняющим перечисленные выше недостатки, являются отказ от механических контактов вообще и переход к бесконтактной системе зажигания.

Бесконтактные системы зажигания обладают значительно более высокой точностью синхронизации момента зажигания, нежели контактные, и превосходят последние в отношении срока службы.

Применение бесконтактной системы зажигания положительно сказывается на работе двигателя: за счет повышения точности синхронизации момента зажигания в различных цилиндрах повышаются мощность двигателя и равномерность его работы, увеличивается срок службы двигателя, упрощается его обслуживание.

Управляющие сигналы момента искрообразования в системах с бесконтактным управлением вырабатываются специальными датчиками, устанавливаемыми обычно в корпусе стандартного распределителя вместо подвижной пластины прерывателя и кулачка.

Датчики можно разделить на параметрические и генераторные. В параметрических датчиках сигнал формируется путем изменений параметра электрической цепи: сопротивления, индуктивности, взаимоиндуктивности, емкости и т. д. В генераторных датчиках выходной сигнал вырабатывается в виде э. д. с.

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие генераторные датчики:

магнитоэлектрические, в которых используется явление электромагнитной индукции. Они состоят из неподвижной катушки и постоянного магнита, жестко связанного с валом распределителя, причем число полюсов в магните равно количеству цилиндров двигателя;

фотоэлектрические, действие которых основано на возникновении э. д. с. под действием света. Конструктивно такие датчики состоят из неподвижного источника света и фотоэлемента (фотодиода), между которыми вращается непрозрачный диск или цилиндр с прорезями, жестко связанный с валом распределителя, причем число прорезей соответствует числу цилиндров двигателя.

Из параметрических датчиков наиболее часто применяются:

взаимоиндуктивные, действие которых основано на изменении взаимоиндукции между обмотками при изменении характеристик связывающей среды. Конструктивно такие датчики состоят из неподвижных катушек, между которыми вращается металлический диск с прорезями, жестко связанный с валом распределителя, причем число прорезей в диске соответствует числу цилиндров двигателя;

датчики фотосопротивления, действие которых основано на изменении сопротивления полупроводника под действием света. Конструктивно такие датчики выполняют аналогично фотоэлектрическим датчикам генераторного типа.

Могут использоваться и датчики других типов: радиационные, пьезоэлектрические, емкостные и т. д.

В настоящее время наибольшее распространение в промышленных бесконтактных системах зажигания получили магнитоэлектрические датчики, конструктивно наиболее простые и вместе с тем наиболее надежные [7]. Срок службы магнитоэлектрических датчиков достигает нескольких тысяч часов.

Основным элементом таких датчиков является постоянный магнит, который должен иметь строго определенные конфигурацию и размеры. Именно последнее обстоятельство не позволяет рекомендовать изготовление магнитоэлектрического датчика в любительских условиях, так как механическая обработка магнитотвердых материалов и последующее их намагничивание вряд ли доступны большинству автолюбителей.

Достаточно просты по конструкции параметрические взаимоиндуктивные датчики [44], однако они, как правило, вносят определенное временное запаздывание момента генерации выходного импульса. Это искажает характеристику центробежного регулятора опережения зажигания и приводит к потере мощности и приемистости двигателя. Перерегулировка же центробежного регулятора без специального оборудования в любительских условиях практически невозможна.

Поэтому из перечисленных выше бесконтактных систем зажигания для изготовления в любительских условиях наиболее подходящей является бесконтактная система зажигания с параметрическим датчиком на кремниевом фотодиоде. Хотя конструктивно указанный датчик несколько сложнее магнитоэлектрического и взаимоиндуктивного, однако он не имеет запаздывания и не вызывает искажения характеристики центробежного регулятора опережения (постоянная времени фотодиода КФДМ $\tau \approx 3$—5 мкс), а его изготовление не требует специальных станков и установок. Основные элементы датчика — источник света (лампа накаливания) и фотодиод покупные, а остальные детали изготовляют на фрезерном и токарном станках. Надежность такого датчика определяется надежностью его основных элементов: лампы накаливания и фотодиода; она может быть достаточно высока. Так, например, применяемая в описываемом датчике сверхминиатюрная вибропрочная лампа накаливания типа НСМ-10-55-2 имеет по техническим условиям при номинальном напряжении питания 10 В срок службы не менее 1000 ч. В данном же случае она питается пониженным стабилизированным напряжением и срок службы ее увеличивается. Срок службы фотодиода КФДМ не менее 5000 ч.

Принцип работы фотодиодного датчика заключается в изменении обратного сопротивления фотодиода под действием света.

Конструктивно фотодиодный датчик выполнен следующим образом. Между источником света и фотодиодом, неподвижно закрепленными в корпусе прерывателя-распределителя, помещен непрозрачный диск, жестко связанный с валом распределителя. В диске имеются прорези, число которых равно числу цилиндров двигателя. Искра возникает каждый раз при проходе прорези между источником света и фотодиодом, т. е. при освещении фотодиода. Точность момента зажигания для различных цилиндров определяется точностью размещения прорезей на непрозрачном диске. Относительно большой диаметр диска и простота его формы позволяют выполнить эту операцию с точностью нескольких угловых минут, что обеспечивает необходимую точность момента зажигания для различных цилиндров двигателя.

Выбор в качестве светочувствительного элемента кремниевого фотодиода объясняется тяжелыми температурными условиями, в которых должен работать датчик.

Температура датчика в условиях нормальной эксплуатации автомобиля может колебаться в широких пределах от —25° С при запуске двигателя зимой до +80° С после его прогрева летом. Германиевый фотодиод для работы в таких условиях не подходит.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

На рис. 38 приведена принципиальная схема бесконтактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус, а на рис. 39 — для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи.

Система зажигания состоит из следующих основных частей:

фотодиода *ФД* и лампы накаливания $Л_1$, размещенных в корпусе прерывателя-распределителя и служащих для синхронизации момента зажигания;

электронного блока ЭБ, преобразующего сигналы фотодиодного датчика в импульсы высокого напряжения 300—400 В;

обычной серийной катушки зажигания КЗ, повышающей напряжение импульсов электронного блока до 20—30 кВ;

аккумуляторной батареи *E*, от которой питается система зажигания;

выключателя зажигания *B*, служащего для включения и отключения напряжения питания.

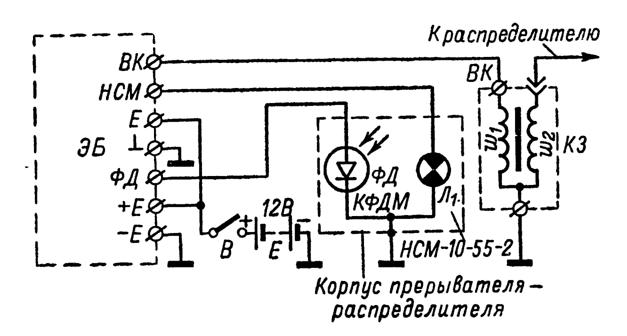


Рис. 38. Принципиальная схема бесконтактной системы зажигания с фотодиодом для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи.

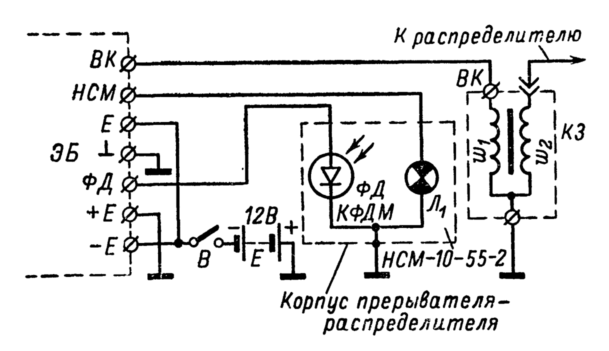


Рис. 39. Принципиальная схема бесконтактной системы зажигания с фотодиодом для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи.

Принципиальная схема электронного блока бесконтактной системы зажигания с фотодиодом приведена на рис. 40. Она аналогична описанным выше схемам электронных блоков контактной системы зажигания (см. рис. 12, 14, 22 и 23). Отличие состоит в схеме формирования управляющих импульсов, которая в электронном блоке бесконтактной системы получилась значительно сложнее, что объясняется малым сигналом, получаемым с фотодиодного датчика (ток фотодиода не превышает 100 мкА). Такого тока недостаточно для непосредственного управления тиристорами.

Схема формирования состоит из транзисторов T_3—T_7, резисторов R_8—R_{18}, конденсаторов C_5, C_6 и диодов $Д_{10}$, $Д_{13}$—$Д_{15}$ и представляет собой релейный усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления около 2000, собранный целиком на кремниевых транзисторах. Питание устройства формирования осуществляется от отдельного выпрямителя на диодах $Д_5$—$Д_8$ и конденсаторе C_1.

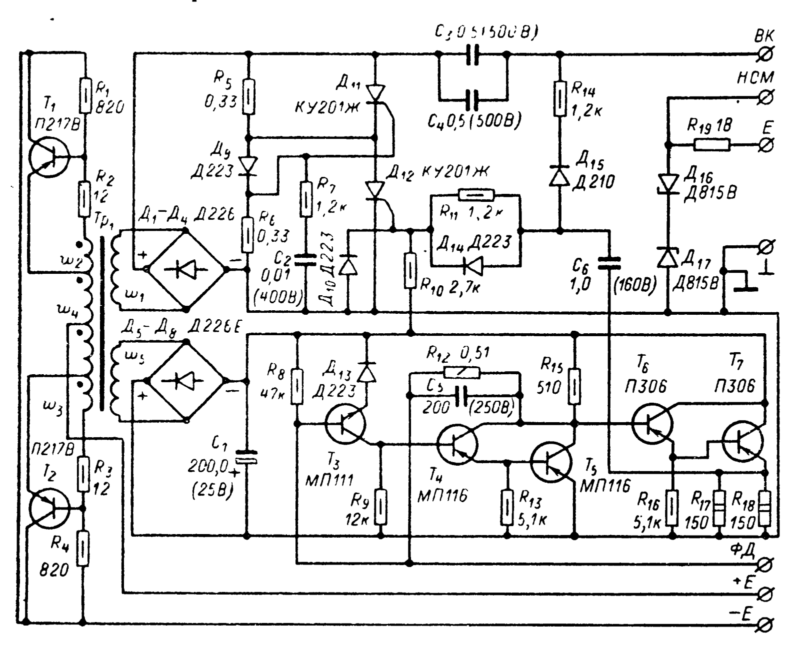


Рис. 40. Схема электронного блока бесконтактной системы зажигания.

Кроме того, в электронном блоке имеется стабилизатор напряжения на стабилитронах $Д_{16}$, $Д_{17}$ и резисторе R_{18}, служащий для питания лампы накаливания $Л_1$ фотодиодного датчика.

РАБОТА СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Бесконтактная система зажигания работает следующим образом. Допустим, что в момент включения питания непрозрачный диск находится в таком положении, что свет от лампы $Л_1$ на фотодиод не попадает. При подаче питания преобразователь запускается и заряжает накопительные конденсаторы C_3 и C_4 (примерно до 400 В). На управляющие электроды тиристоров $Д_{11}$ и $Д_{12}$ поступает отрицательное напряжение с диодов $Д_9$ и $Д_{10}$, и тиристоры заперты. Лампа $Л_1$ горит, так как на нее подается напряжение от стабилизатора, собранного на стабилитронах $Д_{16}$ и $Д_{17}$ и резисторе R_{18}. Ввиду того, что фотодиод не освещен, он представляет собой очень

большое сопротивление, положительное напряжение на базу транзистора T_3 не поступает, и он заперт. Транзисторы T_4 и T_5 также заперты, так как они отпираются коллекторным током транзистора T_3. Конденсатор C_6 заряжается по цепи: плюс выпрямителя на диодах $Д_5$—$Д_8$ — диод $Д_{10}$ — резистор R_{11} — отпертый транзистор T_7, минус выпрямителя. Резистор R_{11} ограничивает зарядный ток.

При освещении фотодиода (прорезь непрозрачного диска находится у места установки фотодиода) сопротивление его резко падает. На базу транзистора T_3 подается положительный ток смещения около 100 мкА. Транзисторы T_3, T_4 и T_5 отпираются, а транзисторы T_6 и T_7 запираются. Положительная обратная связь (параллельно соединенные резистор R_{12} и конденсатор C_5) обеспечивают скачкообразное запирание транзистора T_7 вне зависимости от частоты вращения непрозрачного диска. После запирания транзистора T_7 конденсатор C_6 разряжается по цепи: верхняя (по схеме) обкладка конденсатора C_6 — диод $Д_{14}$ — управляющий электрод — катод тиристора $Д_{12}$ — параллельно соединенные резисторы R_{17} и R_{18} — нижняя обкладка конденсатора C_6. Переключается тиристор $Д_{12}$, а за ним $Д_{11}$. Заряженные до напряжения 400 В накопительные конденсаторы подключаются к первичной обмотке катушки зажигания. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение 20—30 кВ, которое через распределитель поступает к свечам соответствующих цилиндров.

Последующие процессы, происходящие в бесконтактной системе зажигания, ничем не отличаются от подобных процессов, происходящих в контактной системе зажигания, которые были подробно рассмотрены в § 3 (см. рис. 13).

Примерно через 100 мкс тиристоры $Д_{11}$ и $Д_{12}$ выключаются, а еще через 100 мкс независимо от положения непрозрачного диска запускается преобразователь и заряжает накопительные конденсаторы C_3 и C_4; после того, как прорезь непрозрачного диска пройдет место установки фотодиода, процесс вновь повторяется.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

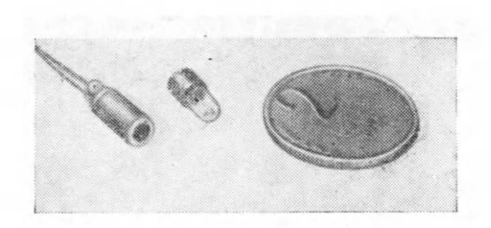
Основным элементом бесконтактной системы зажигания является фотодиодный датчик, конструкция которого должна удовлетворять требованиям, вытекающим из необходимости установки датчика в корпусе стандартного прерывателя-распределителя без каких-либо переделок или доработок последнего.

Жесткие ограничения размеров датчика, а также вибрации и тяжелые климатические условия, в которых датчик должен работать, определили выбор покупных элементов датчика — источника света и фотодиода (рис. 41).

Установка датчика не требует каких-либо доработок корпуса стандартного прерывателя-распределителя. Незначительной доработке подлежит лишь подвижной диск прерывателя.

Датчик состоит из двух основных деталей: корпуса (рис. 42) и непрозрачного диска (рис. 43 и 44). Чертежи корпуса датчика для распределителя Р119 автомобиля «Волга» ГАЗ-21 приведены на рис. 45. Корпус является сложной деталью, состоящей из двух основных частей — собственно корпуса *1* (рис. 45) и крепежной планки *2*. Корпус представляет собой фигурную деталь, изготовленную из дюралюминия марки Д16Т. В специальных отверстиях корпуса размещают лампу накаливания и фотодиод. Фотодиод закрепляют

Рис. 41. Фотодиод КФДМ (слева) и сверхминиатюрная лампа накаливания НСМ-9-60-2 (НСМ-10-55-2).



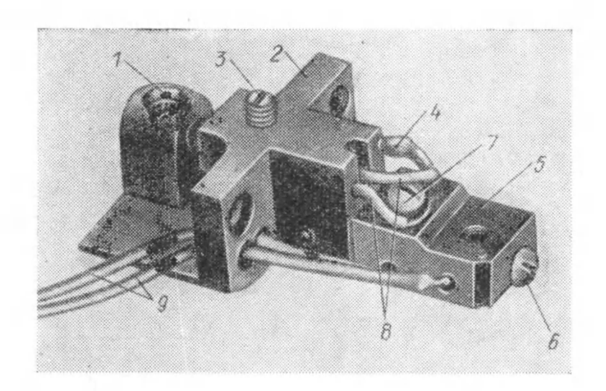


Рис. 42. Корпус фотодиодного датчика.

1 — отверстие лампы; *2* — собственно корпус; *3* — винт крепления фотодиода; *4* — латунный штырь; *5* — крепежная планка; *6* — винт резьбовой втулки (поз. *5* на рис. 45); *7* — резьбовая втулка (поз. *4* на рис. 45); *8* — выводы фотодиода; *9* — провода к электронному блоку.

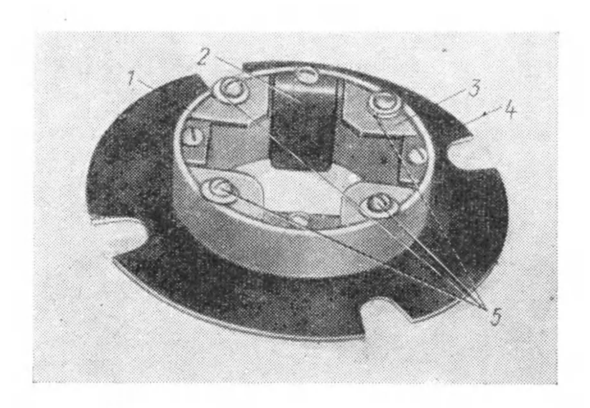


Рис. 43. Непрозрачный диск в сборе.

1 — стопорное кольцо; *2* — пружины; *3* — основание; *4* — диск; *5* — винт крепления стопорного кольца и диска.

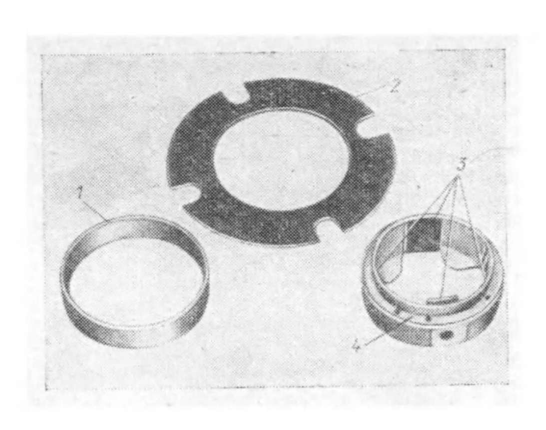


Рис. 44. Детали непрозрачного диска.

1 — стопорное кольцо; *2* — диск; *3* — пружины; *4* — основание непрозрачного диска.

А-А

Вид Б

2 отв. М2×0,4 Кл. 2

2 отв. Ф 1,5 A_5

2 отв. Ф 3,5 A_5

Ф 0,6 A_5 Глубина 4 A_7

R2 макс

Размеры без допусков по 7 кл. точности

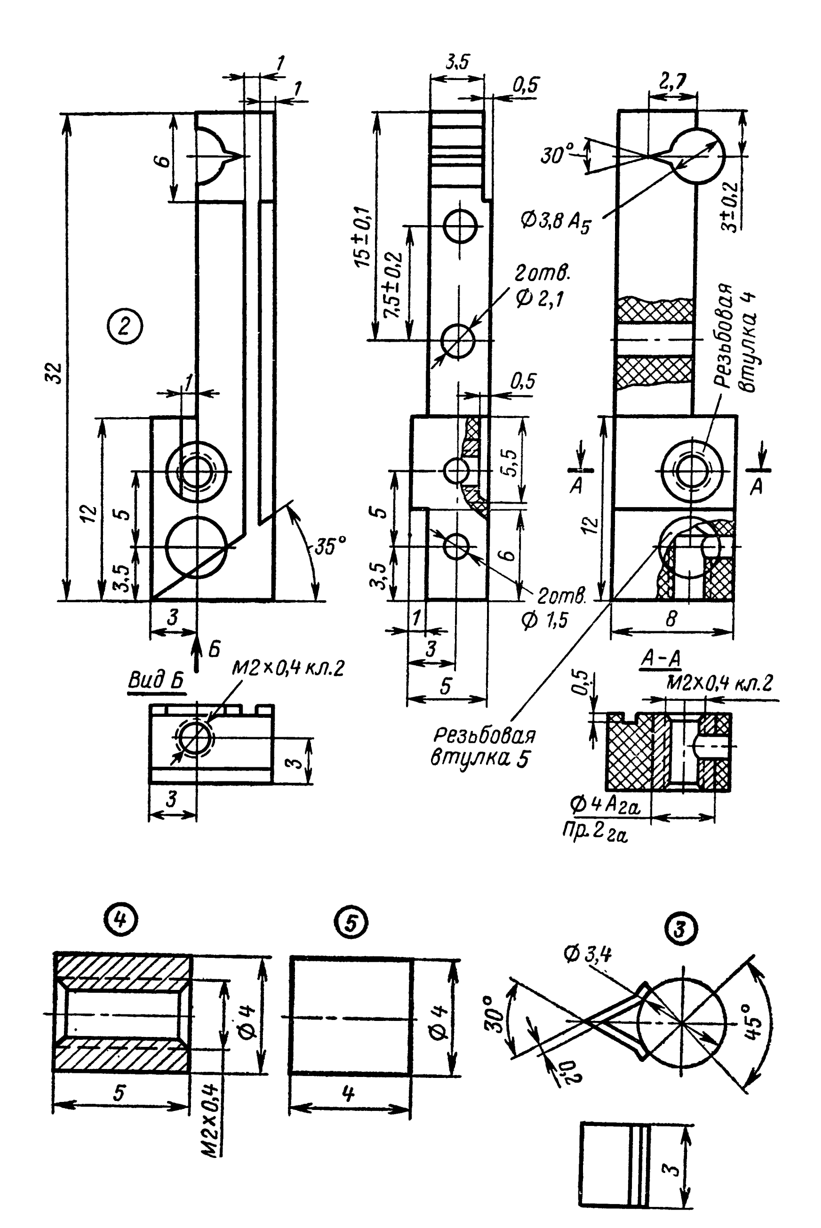


Рис. 45. Чертежи корпуса фотодиодного датчика для распределителя Р119 автомобиля «Волга» ГАЗ-21.

1 — собственно корпус; *2* — крепежная планка; *3* — латунный контакт; *4* и *5* — резьбовые втулки.

с помощью винта М2,5, вворачиваемого в резьбовое отверстие в передней части корпуса. Лампу закрепляют с помощью крепежной планки и двух винтов.

Крепежную планку изготовляют из текстолита; она имеет латунный контакт *3*, вклеенный на эпоксидном компаунде в специальный паз планки и электрически соединенный с резьбовой втулкой *5*. Втулку запрессовывают в специальное отверстие крепежной планки. Через латунный контакт крепежной планки осуществляется

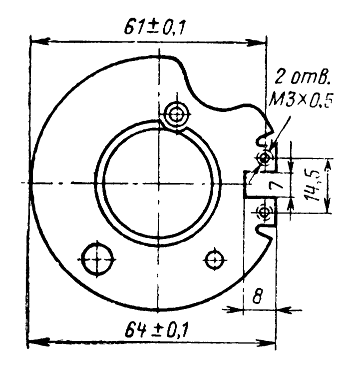


Рис. 46. Чертеж доработанного подвижного диска прерывателя Р119.

электрическое соединение с одним из выводов лампы. Другой вывод лампы соединяют непосредственно с корпусом.

Конструкция латунного контакта крепежной планки обеспечивает возможность некоторого продольного перемещения лампы, необходимого для первоначальной установки ее нити против центра окна фотодиода.

Один из выводов фотодиода подсоединяют к резьбовой втулке *4*, а другой — к латунному штырю, запрессованному в отверстие торцевой части корпуса (см. рис. 42).

С помощью винтов М2, вворачиваемых в резьбовые втулки *4* и *5*, запрессованные в отверстия крепежной планки, осуществляется подсоединение проводов от электронного блока.

При изготовлении крепежной планки два отверстия диаметром 1,5 мм на боковой стенке планки, в которые вставляются провода от электронного блока (рис. 42), и резьбовое отверстие М2 на торцевой части планки (см. вид *Б* на рис. 45) сверлят (нарезают) после запрессовки резьбовых втулок.

Корпус датчика крепится на предварительно доработанном подвижном диске прерывателя с помощью двух винтов М3.

Чертеж доработанного подвижного диска прерывателя показан на рис. 46. Доработка подвижного диска заключается в снятии с него всех расположенных на нем деталей, кроме шипа тяги вакуумного регулятора опережения зажигания, и некотором изменении формы диска в соответствии с рис. 46. Кроме того, необходимо сделать два резьбовых отверстия М3×0,5 для крепления корпуса датчика.

Доработку подвижного диска прерывателя следует проводить, отделив его от неподвижного диска. Для этого достаточно отвернуть два винта в нижней части неподвижного диска и снять стопорные пружины.

На рис. 47 показан доработанный подвижной диск с установленным на нем корпусом фотодиодного датчика в сборе с неподвижным диском[1].

Непрозрачный диск, чертежи которого даны на рис. 48, состоит из основания, диска, стопорного кольца и четырех пружин.

Основание *1* и стопорное кольцо *2* изготовляют из дюралюминия марки Д16Т, диск *3* — из стали 65Г, а пружины *4* — из фосфористой бронзы ОФ. Диск имеет четыре прорези (по числу цилиндров

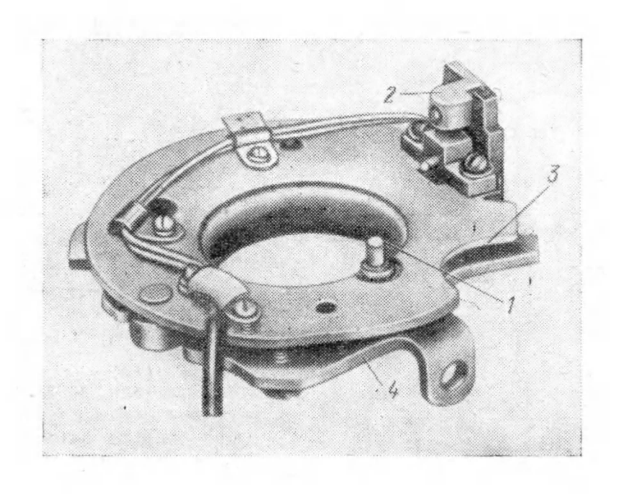


Рис. 47. Подвижной диск прерывателя с установленным на нем корпусом фотодиодного датчика.

1 — шип тяги вакуумного регулятора опережения зажигания; *2* — корпус фотодиодного датчика; *3* — подвижной диск прерывателя; *4* — неподвижный диск прерывателя.

двигателя). Ширина прорезей выбрана из условия удобства сборки и разборки датчика: верхняя часть корпуса датчика свободно проходит в прорезь диска.

Диск прижимается к бортику основания стопорным кольцом с помощью четырех винтов М2×0,4 с шайбами диаметром 4 мм, ввинчиваемых в резьбовые отверстия основания. Основание надевается на кулачок прерывателя и удерживается на нем с помощью четырех пружин, закрепленных на основании винтами М2×0,4. Кулачок прерывателя доработок не требует.

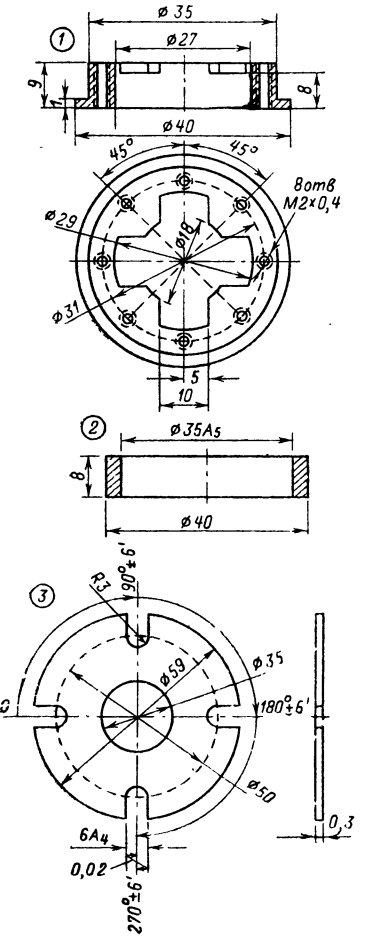
Стандартный прерыватель-распределитель типа Р119 с установленным в нем фотодиодным датчиком показан на рис. 49.

Провода от датчика выводятся через отверстие в корпусе прерывателя-распределителя после снятия установленного в этом отверстии выводного зажима.

---

[1] Резьбовые отверстия под винты скоб крепления проводов на рис. 46 не показаны.

Конструкция электронного блока бесконтактной системы зажигания может быть произвольной; необходимо лишь, чтобы транзисторы преобразователя T_1 и T_2, а также стабилитроны $Д_{16}$ и $Д_{17}$ и транзистор T_7 были установлены на теплоотводах, например на тон-



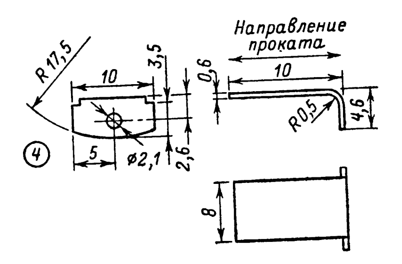


Рис. 48. Чертежи непрозрачного диска распределителя Р119.

1 — основание; *2* — стопорное кольцо; *3* — диск; *4* — пружина.

ких слюдяных или лавсановых прокладках на корпусе блока.

Конструкция блока может быть подобной конструкции электронного блока контактной системы зажигания, описанной в предыдущем параграфе. Трансформатор $Тр_1$ имеет те же данные, что и в электронном блоке контактной системы зажигания (см. рис. 12 и 16), за исключением обмотки w_5, которая в случае применения тороидального сердечника должна иметь 60 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,4 мм, а в случае Ш-образного сердечника Ш16×16—45 витков этого же провода.

Типы полупроводниковых приборов, применяемых в электронном блоке бесконтактной системы зажигания, указаны на схеме.

Стабилитроны $Д_{16}$ и $Д_{17}$ должны быть подобраны таким образом, чтобы напряжение стабилизации составляло 8—9 В (если в датчике применена лампа НСМ-10-55-2) и 7—8 В (если применена лампа НСМ-9-60-2).

Конденсатор C_1 типа К50-6, C_2 — К40-П-2Б, C_3 и C_4 — МБГО или МБМ, C_5 — КСО, C_6 — МБМ.

Сопротивления и мощности рассеивания резисторов, емкости и рабочие напряжения конденсаторов указаны на схеме. Могут быть

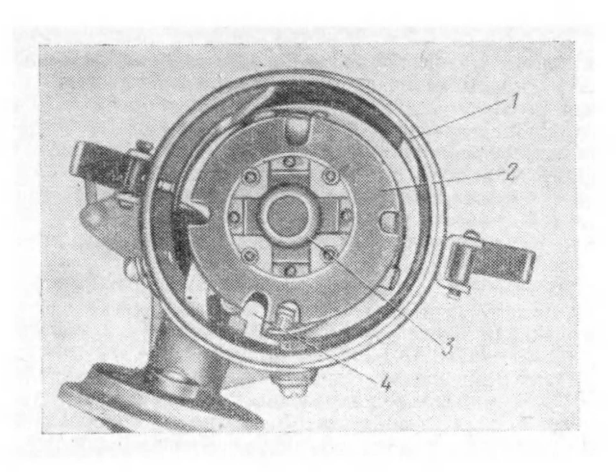


Рис. 49. Стандартный прерыватель-распределитель с установленным в нем фотодиодным датчиком.

1 — корпус прерывателя-распределителя; 2 — непрозрачный диск; 3 — кулачок; 4 — корпус фотодиодного датчика.

применены и другие элементы с соответствующими техническими данными. Все рекомендации по замене, проверке и отбору элементов, данные в предыдущих разделах, остаются в силе.

СБОРКА, НАЛАЖИВАНИЕ И УСТАНОВКА В АВТОМОБИЛЕ

Сборку и монтаж датчика в корпусе прерывателя-распределителя следует вести в следующей последовательности.

1. Установить и закрепить в корпусе датчика фотодиод. Катод фотодиода припаять к латунному стержню, запрессованному в торцевой части корпуса датчика, а анод — к резьбовой втулке крепежной планки (см. рис. 42). Установить лампу и закрепить ее с помощью винтов, прижимающих крепежную планку к корпусу датчика.

2. Установить корпус датчика на предварительно доработанный подвижной диск прерывателя (см. рис. 46) и закрепить винтами. К резьбовым втулкам крепежной планки подсоединить выводные провода, закрепив их скобами, как показано на рис. 47.

3. Отрегулировать положение нити лампы относительно окна фотодиода, для чего к корпусу датчика и выводу лампочки подключить источник постоянного напряжения 6—8 В, а между выводом фотодиода и корпусом датчика включить микроамперметр с током полного отклонения стрелки 150—250 мкА, минусом к корпусу датчика.

Ослабить винты крепления крепежной планки и, передвигая лампу (например, с помощью спички), добиться максимального отклонения стрелки микроамперметра; после этого затянуть винты крепежной планки.

4. Установить и закрепить в корпусе прерывателя-распределителя неподвижный диск в сборе с подвижным и установленным на нем корпусом датчика (см. рис. 47).

5. Закрепить четыре пружины на основании непрозрачного диска, после чего надеть основание на кулачок прерывателя.

Совместив прорезь диска с корпусом датчика, надеть диск на основание. Надеть на основание стопорное кольцо и, закрепив его четырьмя винтами с шайбами, проверить положение диска относительно корпуса датчика. Непрозрачный диск должен полностью перекрывать окно фотодиода и находиться примерно в середине прорези корпуса датчика по ее высоте.

При вращении оси прерывателя непрозрачный диск не должен касаться корпуса датчика.

Перекрытие окна фотодиода регулируют радиальным перемещением корпуса датчика относительно подвижного диска прерывателя, для чего необходимо ослабить винты крепления корпуса датчика и передвинуть его в нужном направлении.

Положение непрозрачного диска по высоте (вместе с кулачком) регулируют с помощью регулировочных прокладок, которые надевают на оси шпилек грузиков центробежного регулятора опережения между грузиками и поводковой пластинкой кулачка.

После установки правильного положения непрозрачного диска относительно корпуса датчика необходимо проверить осевое перемещение кулачка, которое должно быть минимальным, чтобы при поднятом вверх до упора кулачке касание непрозрачного диска о корпус датчика не наблюдалось. Осевое перемещение кулачка регулируют изменением толщины шайбы, находящейся в отверстии кулачка на валу распределителя. Однако осевое перемещение обязательно должно быть, иначе центробежный регулятор опережения зажигания не будет работать.

В заключение следует отметить, что все винты, крепящие детали датчика, должны обязательно иметь стопорные шайбы или должны быть поставлены на краске. В противном случае вследствие вибраций, которым датчик постоянно подвержен во время работы, может произойти самоотвертывание винтов, и датчик выйдет из строя.

Правильно собранная из исправных деталей система зажигания работает сразу и налаживания не требует. После подачи питания должен быть слышен характерный «писк» чистого тона с частотой около 400 Гц, свидетельствующий о работе преобразователя электронного блока. Искра должна возникать каждый раз при подходе прорези непрозрачного диска к месту расположения корпуса датчика. При освещенном фотодиоде микроамперметр, включенный в разрыв провода от фотодиода к электронному блоку, должен показывать ток не менее 100 мкА. Темновой ток не должен превышать 5 мкА.

Напряжение питания лампы НСМ-10-55-2 составляет 10 В, лампы НСМ-9-60-2 — 9 В, однако для увеличения срока службы лампы питаются пониженным напряжением: первая 8—9 В, вторая 7—8 В.

Питание ламп напряжением меньше указанного приводит к резкому уменьшению тока фотодиода и отказу системы зажигания.

Ток переключения релейного усилителя (ток базы транзистора T_3, при котором запираются транзисторы T_6 и T_7) не превышает 50 мкА; ток отпускания не менее 10 мкА.

Установку момента зажигания производят следующим образом. Стрелку октан-корректора устанавливают на нулевое деление шкалы.

Ослабляют винт крепления корпуса прерывателя и, повернув его в среднее положение, закрепляют.

Устанавливают поршень первого цилиндра в конце такта сжатия. Ослабляют четыре винта на основании непрозрачного диска, прижимающие диск к бортику основания, и, поворачивая диск, совмещают левый край прорези с правым краем окна фотодиода Закрепляют диск, затянув указанные выше четыре винта на основании непрозрачного диска. Устанавливают на место ротор. Закрепляют крышку распределителя. К свече первого цилиндра подсоединяют провод от того бокового электрода крышки распределителя, против которого в данный момент находится электрод ротора.

Остальные провода подсоединяют к свечам зажигания согласно порядку работы цилиндров двигателя, учитывая направление вращения ротора.

Окончательная установка момента зажигания должна производиться с помощью автомобильного стробоскопа, а в случае отсутствия последнего — по звукам детонации во время движения автомобиля, что, однако, требует опыта водителя.

Описанная бесконтактная схема зажигания с фотодиодом эксплуатируется автором на автомобиле «Волга» ГАЗ-21 с 1968 г. Пробег автомобиля за это время составил около 120 000 км.

ПРИСТАВКА К ЭЛЕКТРОННЫМ БЛОКАМ КОНДЕНСАТОРНОЙ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЕ С ФОТОДИОДНЫМ ДАТЧИКОМ

Приставка предназначена для системы зажигания с минусом на массе и напряжением питания 12 В. Она позволяет использовать электронные блоки контактной системы зажигания (см. рис. 12 и 29) для работы в бесконтактной системе с фотодиодным датчиком. При-

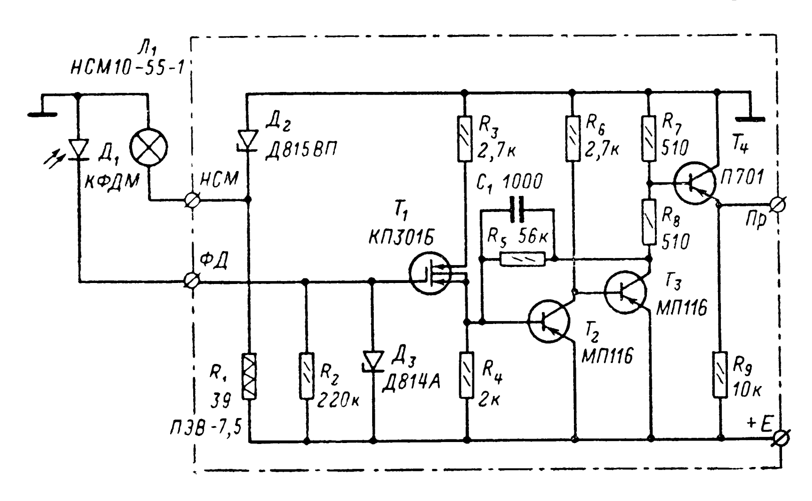


Рис. 50. Схема приставки к электронным блокам конденсаторной контактной системы зажигания для работы в бесконтактной системе зажигания с фотодиодом.

ставка может быть полезна тем автолюбителям, которые уже изготовили и эксплуатируют электронные блоки контактной системы зажигания.

Схема приставки приведена на рис. 50. Клеммы приставки «+Е» и «Пр» соединяют с одноименными клеммами электронного блока. Роль контактов прерывателя выполняет транзистор T_4, управляемый релейным усилителем постоянного тока на транзисторах T_2 и T_3. На входе приставки установлен полевой МОП-транзистор (T_1), включенный по схеме истокового повторителя, что обеспечивает высокое входное сопротивление приставки и, следовательно, эффективную работу фотодиода. Резистор R_3 служит для ограничения тока, стабилитрон $Д_2$ — для защиты затвора полевого транзистора от перенапряжения, резистор R_2 предотвращает отпирание транзистора T_1 темновым током фотодиода. Стабилитрон $Д_2$ и резистор R_1 образуют стабилизатор напряжения, от которого питается лампа накаливания фотодиодного датчика ($Л_1$). Нормальная работа приставки сохраняется при изменении напряжения питания в пределах от 6,5 до 15 В, что позволяет применять приставку с электронным блоком со стабилизированным вторичным напряжением (см. рис. 29).

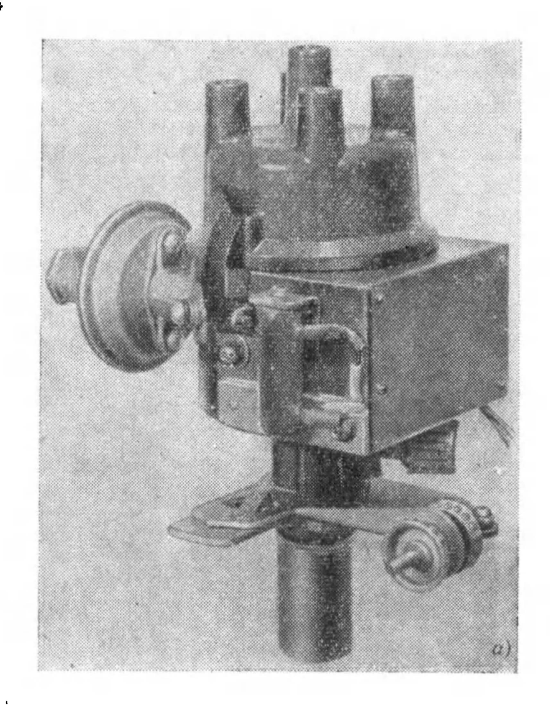
Приставка работает следующим образом. Если фотодиод не освещен, его внутреннее сопротивление велико (более 20 МОм), напряжение на затворе полевого транзистора значительно меньше его порогового напряжения [41], и полевой транзистор заперт. Следовательно, транзистор T_2 тоже заперт, а транзисторы T_3 и T_4 отперты, что соответствует замкнутым контактам прерывателя. При освещении фотодиода его сопротивление резко падает и почти все напряжение питания прикладывается к затвору полевого транзистора. Полевой транзистор отпирается. Следовательно, отпирается также транзистор T_2, а транзисторы T_3 и T_4 запираются, что соответствует размыканию контактов прерывателя. Положительная обратная связь, создаваемая цепочкой R_5, C_1, обеспечивает необходимую скорость размыкания «контактов» вне зависимости от частоты вращения непрозрачного диска фотодиодного датчика.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Приставка собрана в металлическом корпусе, который крепится непосредственно к корпусу распределителя (рис. 51 и 52). Все элементы приставки, кроме резистора R_1 и стабилитрона $Д_1$, расположены на печатной плате (см. рис. 52), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита и размещенной внутри корпуса. Резистор R_1 и стабилитрон $Д_1$ размещены непосредственно на корпусе приставки.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы элементов указаны на рис. 50. Резистор R_1 применен типа ПЭВ-7,5, остальные резисторы типа МЛТ. Конденсатор C_1 любого типа. Вместо стабилитрона Д815ВП ($Д_1$) может быть применен стабилитрон Д815В, однако его корпус должен быть изолирован от корпуса приставки, например, тонкой лавсановой пленкой. Вместо транзистора П701 могут быть применены транзисторы П701А, КТ608А, КТ608Б. Транзистор МП116 (T_1) может быть заменен на МП114 или МП115.

При монтаже полевого транзистора на печатной плате следует обратить внимание на то, чтобы его выводы были соединены между собой, а паяльник был заземлен. В противном случае полевой транзистор может выйти из строя из-за пробоя изоляции затвора.



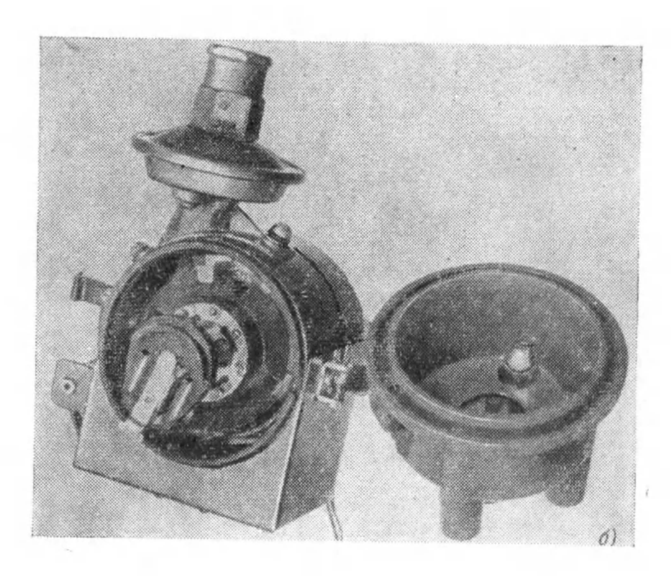
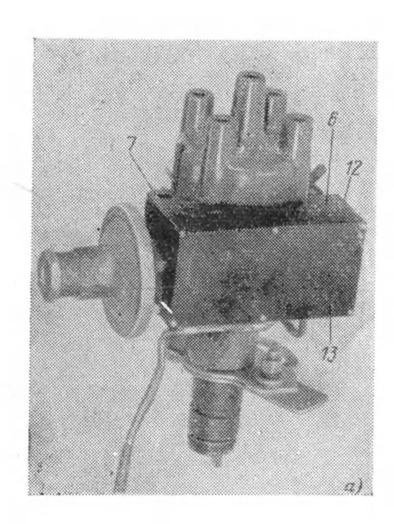


Рис. 51. Стандартный прерыватель-распределитель Р119 с установленным в нем фотодиодным датчиком и приставкой для работы с электронным блоком конденсаторной контактной системы зажигания.

а — общий вид; *б* — вид со снятой крышкой.



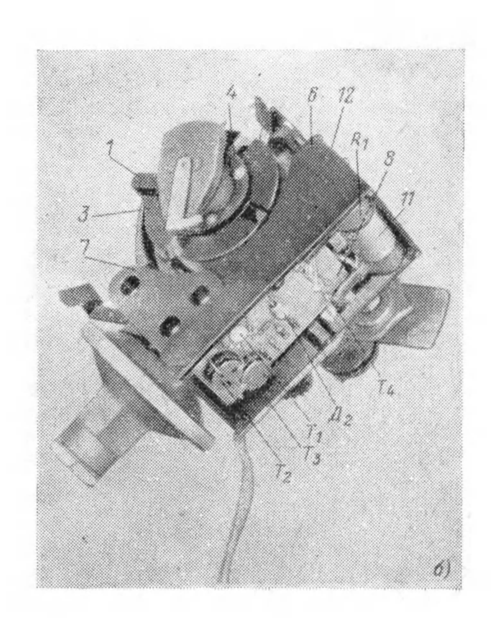


Рис. 52. Стандартный прерыватель-распределитель Р118 с установленным в нем фотодиодным датчиком и приставкой для работы с электронным блоком конденсаторной контактной системы зажигания.

а — общий вид; *б* — вид со снятыми крышками; *1* — корпус фотодиодного датчика; *3* — диск; *4* — стопорное кольцо; *6* — корпус приставки; *7* — уголок; *8*—печатная плата: *11* — скоба; *12*, *13* — крышки.

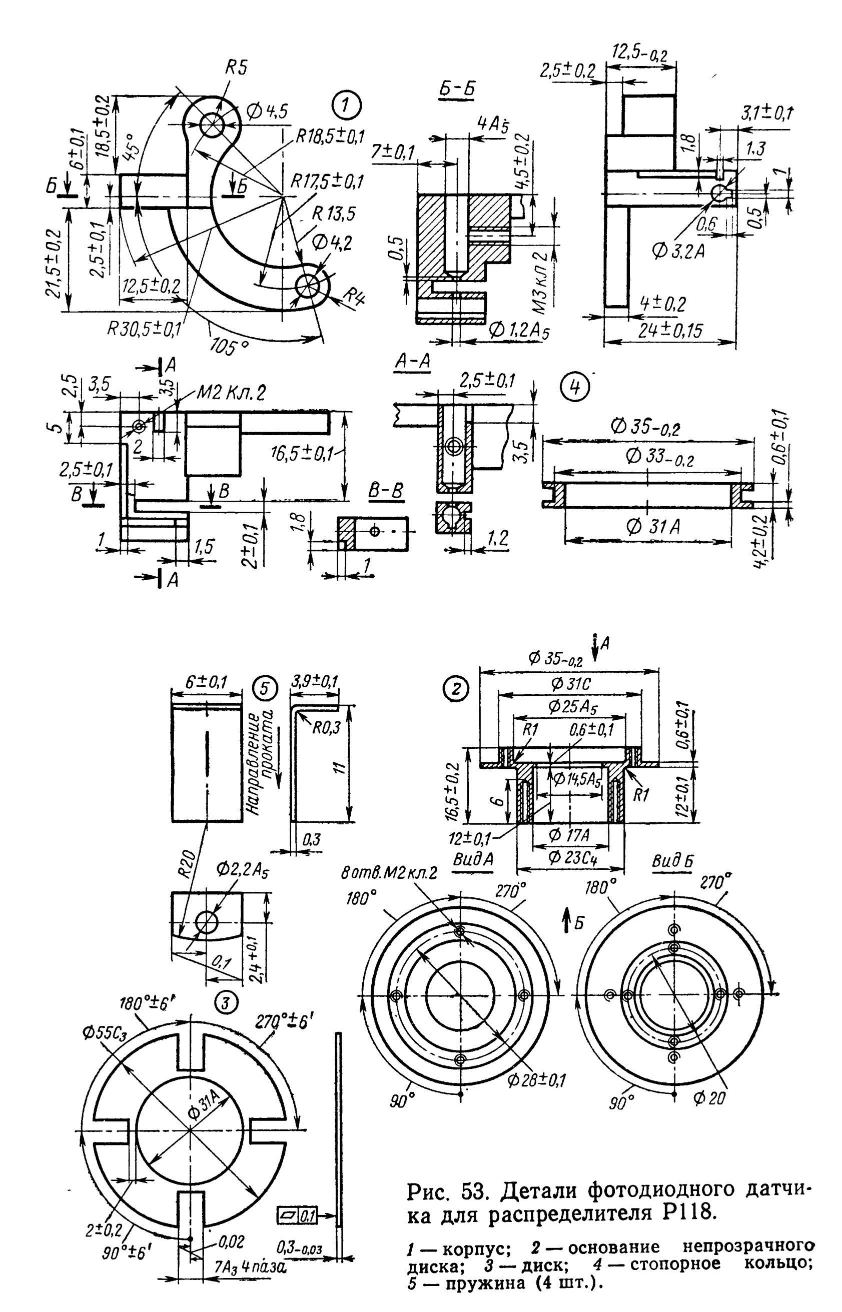
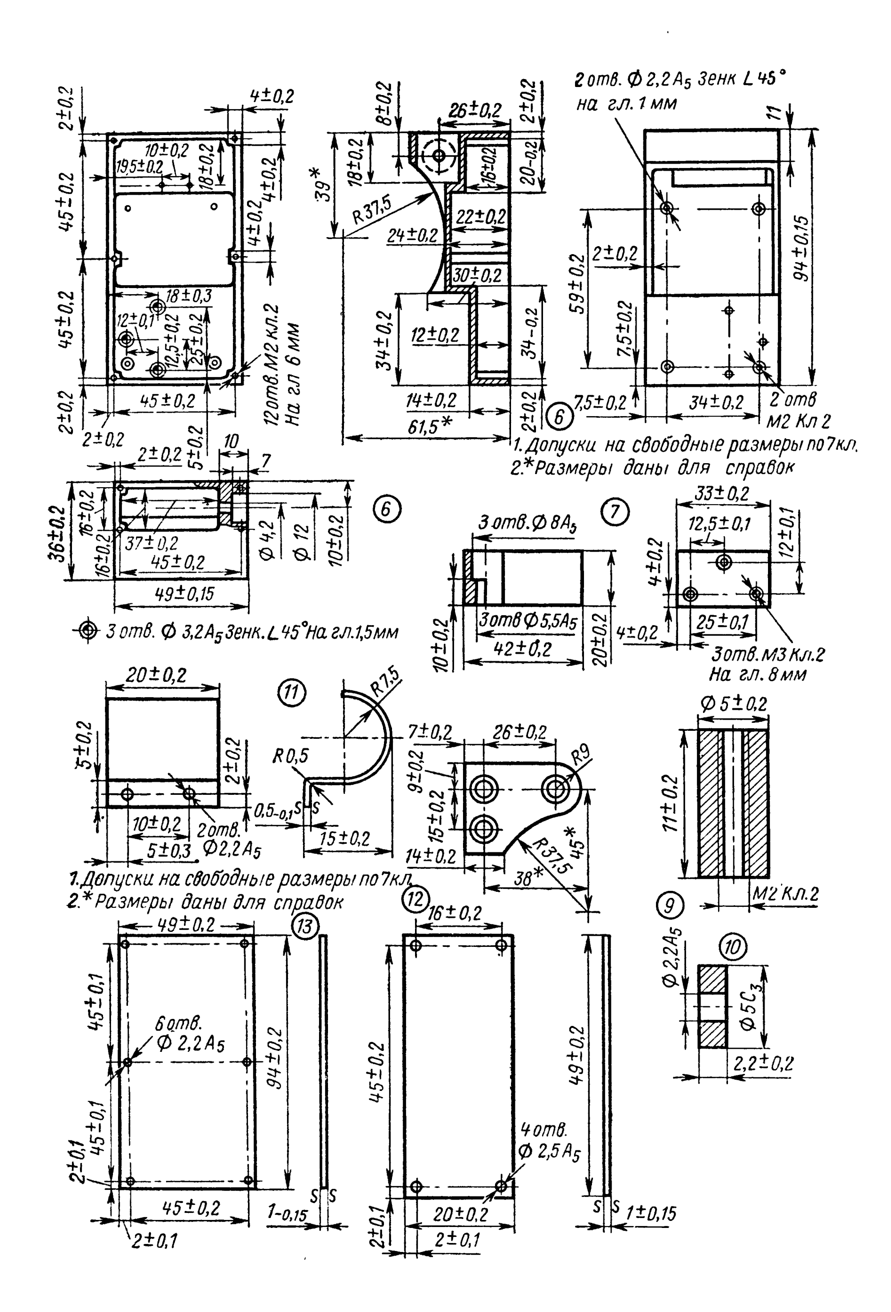


Рис. 53. Детали фотодиодного датчика для распределителя Р118.

1 — корпус; *2* — основание непрозрачного диска; *3* — диск; *4* — стопорное кольцо; *5* — пружина (4 шт.).


2 отв. Ф 2,2 A_5 Зенк ∠45°
на гл. 1 мм
1. Допуски на свободные размеры по 7 кл.
2.* Размеры даны для справок
12 отв. М2 кл.2
На гл 6 мм
3 отв. Ф 3,2 A_5 Зенк. ∠45° На гл. 1,5 мм
3 отв. Ф 8 A_5
3 отв Ф 5,5 A_5
3 отв. М3 Кл.2
На гл. 8 мм
2 отв
М2 Кл 2
2 отв.
Ф 2,2 A_5
1. Допуски на свободные размеры по 7 кл.
2.* Размеры даны для справок
6 отв.
Ф 2,2 A_5
4 отв.
Ф 2,5 A_5
М2 Кл.2

Налаживания приставка не требует и работает сразу после сборки, если, конечно, исправны элементы и сборка произведена правильно.

Чертежи деталей фотодиодного датчика и приставки для распределения Р118 автомобиля «Москвич-412» приведены на рис. 53 и 54.

Фотодиодный датчик по своему устройству аналогичен датчику для распределения Р119, однако его детали имеют другую конфигурацию и размеры, что связано с особенностями конструкции распределителя Р118.

Фотодиодный датчик состоит из двух основных деталей: корпуса и непрозрачного диска (см. рис. 52 и 53). Корпус *1* представляет собой фигурную деталь, изготовленную из алюминиевого сплава Д16ГК фрезерованием. Лампа накаливания $Л_1$ применена с гибкими выводами (НСМ-10-55-1), что несколько упростило конструкцию датчика, сделав ненужной крепежную планку (см. рис. 45). Лампа расположена в горизонтальном отверстии датчика и закреплена от произвольных перемещений подобранной по толщине фторопластовой прокладкой. Провода от лампы укладываются в специальный паз шириной 1,3 мм, сделанный на боковой стенке корпуса датчика. Фотодиод расположен в вертикальном отверстии датчика и закреплен винтом М3. Провода от лампы и фотодиода припаяны к трехконтактной колодке, закрепленной на корпусе датчика.

Непрозрачный диск состоит из основания *2*, диска *3*, стопорного кольца *4* и четырех пружин *5*. По своей конструкции он аналогичен непрозрачному диску распределителя Р119 (см. рис. 43).

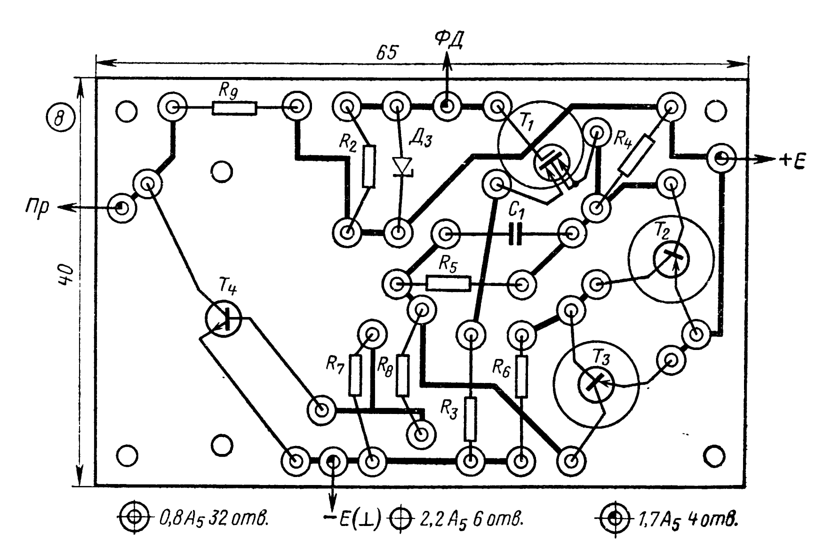


Рис. 54. Детали приставки к распределителю Р118.

6 — корпус; *7* — уголок; *8* — печатная плата; *9* — стойка; *10* — шайба; *11* — скоба; *12*, *13* — крышки.

Корпус приставки *6* (см. рис. 52 и 54) закреплен на корпусе распределителя с помощью уголка *7*, прикрепленного к корпусу приставки тремя винтами М3. Печатная плата *8* с элементами приставки закреплена в корпусе с помощью двух стоек *9* и двух шайб *10* четырьмя винтами М2. Резистор R_1 закреплен с помощью скобы *11*, привернутой к корпусу двумя винтами М2. Стабилитрон $Д_1$ расположен в приливе корпуса, где для его винта сделано специальное отверстие диаметром 4,2 мм. После установки стабилитрона прилив закрывается крышкой *12*, приворачиваемой четырьмя винтами М2. Со стороны печатной платы корпус приставки закрывается крышкой *13*.

Установку фотодиодного датчика на распределителе Р118 производят в следующей последовательности.

1. Снимают крышку распределителя и ротор. Отвертывают крепящие винты и снимают конденсатор, молоточек с наковальней, провод, идущий к молоточку внутри распределителя, и винт, проходящий через изолятор.

2. Удаляют шайбы со стойки молоточка.

3. Устанавливают корпус фотодиодного датчика на стойку молоточка и закрепляют его с помощью шайб, стопорного кольца и винта, крепящего кронштейн наковальни, предварительно надев на винт наконечник голого провода, находящегося внутри прерывателя.

4. Отвертывают три винта, крепящие корпус вакуумного регулятора.

Устанавливают корпус приставки так, чтобы уголок *7* находился над корпусом вакуумного регулятора, а его отверстия совпадали с отверстиями в корпусе. После этого закрепляют его вместе с корпусом вакуумного регулятора тремя винтами М5 (см. рис. 52).

5. Пропускают провода от приставки к фотодиодному датчику через отверстие в изоляторе стенки распределителя и припаивают его концы к колодке фотодиодного датчика.

Закрепляют провода на корпусе распределителя с помощью шайбы.

6. Собирают непрозрачный диск и одевают его на кулачок распределителя. Вращая вал распределителя, проверяют, не задевает ли диск за корпус фотодиодного датчика. В случае необходимости регулируют высоту корпуса фотодиодного датчика с помощью шайб.

7. Устанавливают прерыватель-распределитель на двигатель и закрепляют его стопорным винтом в среднем положении.

Установку момента зажигания производят в последовательности, указанной для распределителя Р119.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ СТРОБОСКОП

Автомобилистам хорошо известно, насколько важна правильная установка начального угла момента зажигания, а также исправная работа центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания. Неправильная установка угла зажигания и неисправности регуляторов могут явиться причиной перегрева двигателя, потери мощности, плохой приемистости и могут даже сократить срок его службы.

Однако проверка и регулировка системы зажигания являются весьма трудоемкой операцией, которая не всегда доступна даже опытному автолюбителю.

Автомобильный стробоскоп позволяет упростить обслуживание системы зажигания. С его помощью даже малоопытный водитель может в течение 5—10 мин проверить и отрегулировать начальную установку угла момента зажигания, а также проверить исправность центробежного и вакуумного регулятора опережения зажигания.

Стробоскоп может быть использован также как преобразователь низкого постоянного напряжения аккумулятора 12 В в высокое постоянное напряжение 127 В для питания коллекторной электробритвы мощностью до 12 Вт.

8. Принципиальная схема

Основным элементом прибора является импульсная стробоскопическая лампа ИСШ-2А, вспышки которой происходят в момент появления искры в свече первого цилиндра двигателя. Вследствие этого метки, нанесенные на маховике или других вращающихся час-

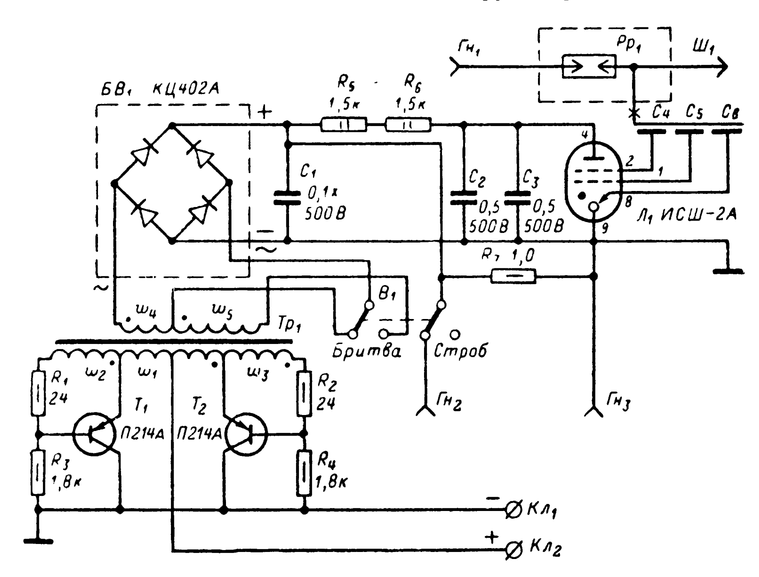


Рис. 55. Схема автомобильного стробоскопа.

тях двигателя, жестко связанных с коленчатым валом, при освещении их стробоскопом кажутся неподвижными (стробоскопический эффект). Это позволяет наблюдать сдвиг между моментом зажигания и моментом прохождения поршнем верхней мертвой точки на всех режимах работы двигателя, т. е. контролировать правильность начальной установки угла зажигания, проверять работоспособность центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания.

Электрическая схема прибора (рис. 55) состоит из преобразователя напряжения на транзисторах T_1 и T_2, выпрямителя, состоящего

из кремниевого выпрямительного блока $БВ_1$ и конденсатора C_1, накопительных конденсаторов C_2, C_3, стробоскопической лампы $Л_1$, разрядника $Рр_1$, входных конденсаторов C_4—C_6 и элементов коммутации.

Переменное напряжение с обмоток w_4 и w_5 трансформатора преобразователя выпрямляется выпрямителем и через резисторы R_5, R_6 заряжает накопительные конденсаторы до напряжения 400—450 В. Это напряжение подводится к промежутку анод — катод стробоскопической лампы $Л_1$. В момент искрообразования высоковольтный импульс с распределителя через спецвилку $Ш_1$ и конденсаторы C_4—C_6 поступает на поджигающие электроды стробоскопической лампы $Л_1$; лампа зажигается, и накопительные конденсаторы разряжаются. При этом энергия, накопленная в конденсаторах C_2, C_3, преобразуется в световую энергию вспышки. После разряда конденсаторов лампа $Л_1$ гаснет и конденсаторы C_2, C_3 снова заряжаются.

Резисторы R_5 и R_6 облегчают режим работы транзисторов преобразователя, предотвращая замыкание обмоток w_4 и w_5 в момент зажигания стробоскопической лампы.

Разрядник $Рр_1$ обеспечивает необходимую амплитуду импульса для надежного зажигания стробоскопической лампы вне зависимости от расстояния между электродами свечи и степени сжатия двигателя.

В положении *«Бритва»* переключателя B_1 к выпрямителю подключаются обмотка w_4 и гнездо $Гн_2$ для электробритвы.

9. Конструкция и детали

Конструктивно прибор состоит из четырех основных частей: двух крышек *1* и *2*, втулки *3* и рефлектора *4* (рис. 56). Крышки изготов-

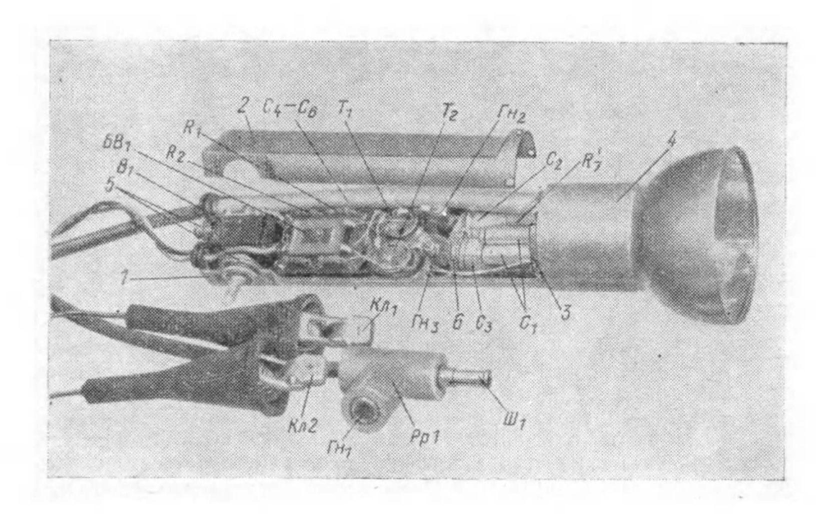


Рис. 56. Устройство автомобильного стробоскопа.

1 и *2* — крышки; *3* — втулка; *4* — рефлектор; *5* — кронштейн.

лены из миллиметрового листа сплава АМЦМ, рефлектор — из сплава Д1Т, втулка — из текстолита. На крышке *1* размещены элементы схемы прибора. Трансформатор $Тр_1$, выпрямительный блок $БВ_1$, текстолитовая плата с резисторами R_1 — R_4 и транзисторы T_1, T_2 размещены на специальном кронштейне *5*, закрепленном в крышке под гайки крепления гнезд $Гн_2$, $Гн_3$ и переключателя $В_1$. Транзисторы T_1 и T_2 приклеены к кронштейну с помощью компаунда. Трансформатор $Тр_1$ вместе с выпрямительным блоком $БВ_1$ и платой с резисторами R_1—R_4 привернут винтом М3, вворачиваемым в резьбовую втулку кронштейна.

Конденсаторы C_1—C_3 (в качестве C_1 применены два конденсатора МБМ-500-0,05 мкФ) и резистор R_7 припаяны к латунному угольнику *6* (вывод массы), закрепленному на крышке под гайки крепления гнезд $Гн_2$ и $Гн_3$ вместе с кронштейном *5*, и к круглой печатной плате (на рис. 56 не показана), расположенной во втулке *3*. Резисторы R_5 и R_6 расположены непосредственно на печатной плате.

Ламповая панель расположена на текстолитовой шайбе толщиной 2 мм, закрепленной во втулке *3* двумя винтами М2, вворачиваемыми в резьбовые отверстия шайбы. Во втулке *3* сделаны два отверстия диаметром 2,5 мм с зенковкой.

Конденсаторы C_4—C_6 выполнены в виде латунных трубок длиной около 60 мм, надетых на провод ПВС. К каждой трубке припаян провод типа МГТФ, идущий к выводам ламповой панели. Снаружи трубки изолированы лавсановой лентой. Емкость каждого конденсатора около 10 пФ.

Крышки *1* и *2* закреплены с помощью шести винтов М2, вворачиваемых в резьбовые отверстия втулки *3*, и двух винтов М3, вворачиваемых в резьбовые отверстия кронштейна *5* с торцевой части прибора.

Рефлектор может перемещаться вдоль втулки, что обеспечивает фокусировку луча стробоскопа. Величина перемещения рефлектора ограничена пластинчатой фигурной пружиной, вставленной в кольцевую проточку рефлектора. Для снятия рефлектора пружину необходимо отжать через специальное отверстие в рефлекторе. Снаружи рефлектор закрыт стеклом, закрепленным в оправе с помощью пружинного кольца.

Через резиновые втулки выходят соединительные провода: два провода, оканчивающиеся пружинными зажимами типа «крокодил» ($Кл_1$, $Кл_2$) для подключения к аккумулятору, и высоковольтный провод типа ПВС длиной 0,9—1,0 м, оканчивающийся разрядником $Рр_1$ для подключения к распределителю. Корпус разрядника выполнен из органического стекла. В резьбовые отверстия корпуса ввернуты вилка $Ш_1$ для подключения к распределителю и гнездо *Гн* для подключения провода от свечи зажигания. Расстояние между вилкой $Ш_1$ и гнездом $Гн_1$ внутри разрядника регулируют вворачиванием гнезда $Гн_1$ в тело разрядника. Это расстояние должно быть равно 3±0,5 мм.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы других элементов указаны на схеме (см. рис. 53). Резисторы применены типа МЛТ, конденсаторы — МБМ. Трансформатор намотан проводом ПЭВ-2 на тороидальном сердечнике ОЛ20/32-8 из стальной ленты Э-330 (Э-340) толщиной 0,08 мм. Обмотка w_1 имеет 50+50 витков провода диаметром 0,51 мм, w_2 и w_3 по 10 витков, а w_4 — 550 витков провода диаметром 0,19 мм; w_5 — 1450 витков провода диаметром 0,1 мм. В качестве переключателя $В_1$ применен тумблер типа Т3. Ламповая панель керамическая, типа ПЛК-9.

В случае отсутствия лампы ИСШ-2А может быть применена лампа ИФК-120, однако конструкция стробоскопа при этом должна быть соответственно изменена. В электрическую схему прибора также необходимо внести изменения: из нее исключают конденсаторы C_4—C_6, а провод ПВС подключают непосредственно к поджигающему электроду лампы.

Срок службы лампы ИФК-120 значительно меньше, чем ИСШ-2А, поэтому при применении лампы ИФК-120 для увеличения срока службы прибора целесообразно в плюсовую цепь питания преобразователя ввести нормально разомкнутую кнопку, рассчитанную на ток не менее 1 А. Это исключит бесполезные вспышки лампы в процессе подготовки к работе после запуска двигателя.

Налаживания стробоскоп не требует.

10. Работа с прибором

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА

1. Подключить провода, оканчивающиеся пружинными зажимами типа «крокодил» (соблюдая обозначенную на них полярность), к клеммам аккумулятора.

2. Из гнезда крышки распределителя вынуть высоковольтный провод, идущий к свече первого цилиндра, и вставить его в гнездо $Гн_1$ разрядника стробоскопа. Спецвилку разрядника $Ш_1$ вставить в освободившееся гнездо крышки распределителя.

3. Переключатель B_1 установить в положение *Строб.*

При пользовании электробритвой последнюю подключают к гнездам $Гн_2$, $Гн_3$, переключатель B_1 устанавливается в положение *Бритва*; гнездо $Гн_1$ и спецвилку $Ш_1$ разрядника к распределителю не подключают.

ПОДГОТОВКА АВТОМОБИЛЯ К ПРОВЕРКЕ

Проверить и, если необходимо, отрегулировать зазор между контактами прерывателя.

Проверить наличие меток для установки зажигания, поставленных заводом-изготовителем. Места расположения подвижных и неподвижных меток и их характеристики указаны в табл. 5. Очистить метки от грязи и отметить их белой краской, чтобы они были более заметны. Прогреть двигатель до температуры охлаждающей жидкости 70—80° С. Отключить трубку вакуумного регулятора (если он есть).

ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ НАЧАЛЬНОГО УГЛА МОМЕНТА ЗАЖИГАНИЯ

Запустить двигатель, установить минимальные обороты коленчатого вала. Направить световой луч прибора на метки. При правильной установке зажигания и постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя вследствие стробоскопического эффекта подвижная метка будет казаться неподвижной и будет находиться напротив неподвижной метки. При несовпадении меток ослабить винт скобы крепления распределителя и повернуть его корпус вправо или влево до совпадения меток, после чего винт скобы затянуть.

При постоянной частоте вращения коленчатого вала и исправном распределителе колебания положения подвижной метки в свете стробоскопа не должны превышать ±2°. В противном случае рас-

Таблица 5

Марка автомобиля	Места для установки зажигания		Примечание
	подвижная	неподвижная	
ВАЗ-2101 ВАЗ-2102 ВАЗ-2103 «Жигули»	Метка на шкиве коленчатого вала	Три метки на крышке привода механизма газораспределения соответствуют углу опережения зажигания 10; 5; 0°	Искра в первом цилиндре должна быть в момент совмещения метки на шкиве коленчатого вала с меткой *2* на крышке привода газораспределения (соответствует углу опережения 5—7°)
«Москвич-407» «Москвич-408»	Метки В. М. Т. и М. З. на маховике	Острие штифта на картере сцепления	Искра в первом цилиндре должна быть в момент совмещения метки М. З. с острием штифта
ЗАЗ-965 ЗАЗ-965А	Риска В. М. Т. на шкиве коленчатого вала	Выступ на маслозаливной горловине	В В. М. Т. риска на шкиве коленчатого вала совпадает с выступом на маслозаливной горловине
ГАЗ-21 «Волга»	Отверстие на ободке шкива коленчатого вала	Штифт, запрессованный в крышку распределительных шестерен	В В. М. Т. отверстие совпадает со штифтом
ГАЗ-24 «Волга»	Два отверстия ∅ 4 мм на ободке шкива коленчатого вала	Штифт, запрессованный в крышку распределительных шестерен	Искра в первом цилиндре должна быть при совмещении первого по ходу вращения шкива отверстия с установочным штифтом

пределитель должен быть подвергнут ремонту. Возможной причиной неисправности может быть ослабление тонкой пружины центробежного регулятора; в исправном регуляторе эта пружина должна иметь небольшой предварительный натяг (в статическом состоянии).

ПРОВЕРКА РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО РЕГУЛЯТОРА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Плавно увеличивая обороты коленчатого вала, наблюдают за положением меток. При исправной работе центробежного регулятора подвижная метка по мере увеличения оборотов должна плавно смещаться в сторону, противоположную вращению. При неисправной

работе регулятора смещение метки будет происходить рывками или она вообще не будет смещаться. В последних случаях распределитель должен быть отремонтирован или заменен.

ПРОВЕРКА РАБОТЫ ВАКУУМНОГО РЕГУЛЯТОРА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Установить обороты двигателя в пределах 2000—2500 об/мин и, наблюдая за положением меток, подключить трубку вакуумного регулятора. В случае исправности последнего подвижная метка должна отклониться в сторону, противоположную вращению. Если метка остается в той же точке, проверить капсулу разрежения распределителя и цепь трубки. Возможными причинами неисправностей могут быть утечка или засорение трубки.

С помощью стробоскопа, кроме того, можно наблюдать за работой движущихся деталей двигателя (например, таких, как клапаны, сцепление, крыльчатка и другие, движущиеся синхронно с коленчатым валом двигателя). Подобные наблюдения могут помочь в выявлении причин каких-либо неисправностей.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТАХОМЕТР АТ-1

Автомобильный тахометр АТ-1 предназначен для измерения числа оборотов коленчатого вала карбюраторных двигателей внутреннего сгорания. Тахометр может быть полезен при регулировке и проверке двигателя, регулировке и проверке автомобильных регуляторов напряжения, а также для контроля режима работы двигателя во время движения автомобиля. В последнем случае тахометр устанавливают на приборном щитке в поле зрения водителя. Питание прибора производится от бортовой электросети автомобиля с номинальным напряжением 12 В и минусом на массе. Потребляемый тахометром ток не превышает 0,1 А.

11. Принцип действия и схема прибора

Электрическая схема прибора (рис. 57) состоит из ждущего мультивибратора на транзисторах T_1, T_2, стабилизатора напряжения на стабилитроне $Д_3$ и микроамперметра $ИП_1$.

В исходном состоянии транзистор T_1 и диод $Д_1$ отперты, транзистор T_2 заперт, ток через микроамперметр $ИП_1$ не течет, конденсатор C_2 заряжен до напряжения стабилизации стабилитрона $Д_3$ (плюс напряжения на правой по схеме обкладке конденсатора).

При подаче от системы зажигания двигателя на клемму *Вход* прибора отрицательного электрического импульса диод $Д_1$ запирается, вследствие чего транзистор T_1 также запирается, а транзистор T_2 отпирается. Конденсатор C_2 начинает перезаряжаться через резистор R_3, отпертый транзистор T_2 и диод $Д_2$. Когда напряжение на левой (по схеме) обкладке конденсатора делается равным примерно +1,2 В, диод $Д_1$ и транзистор T_1 отпираются, транзистор T_2 запирается и ток через микроамперметр $ИП_1$ прекращается.

Таким образом, каждый отрицательный импульс, поступивший на вход прибора от системы зажигания, вызывает фиксированный по амплитуде и длительности импульс тока через микроамперметр $ИП_1$. Длительность этого импульса определяется постоянной времени R_3, C_2, а амплитуда — напряжением стабилизации стабилитрона $Д_3$ и

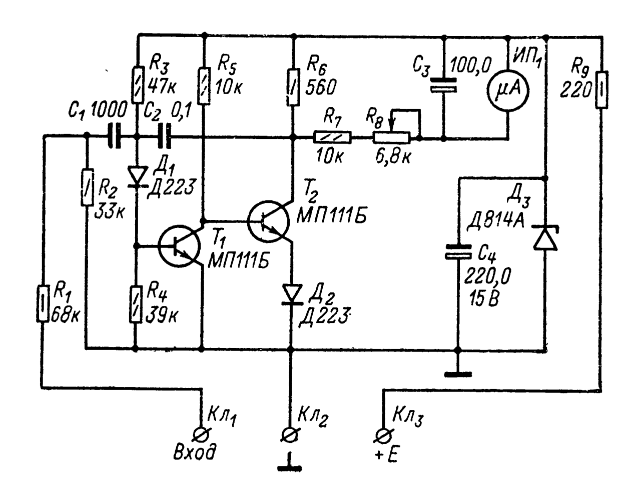


Рис. 57. Схема **автомобильного тахометра.**

сопротивлениями резисторов R_7, R_8. В результате показания прибора $ИП_1$ оказываются пропорциональными частоте искрообразования в системе двигателя, или, что то же самое, числу оборотов коленчатого вала двигателя.

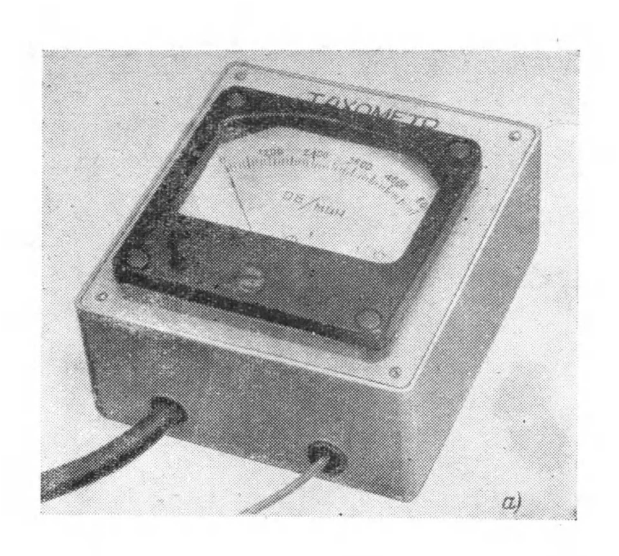
12. Конструкция и детали

Типы полупроводниковых приборов и номиналы элементов указаны на рис. 57. Переменный резистор R_8 применен типа СП5-1А, остальные резисторы типа МЛТ. Электролитические конденсаторы типа К50-15, конденсатор C_1 — КМ-3А, конденсатор C_2 — МБМ. Микроамперметр $ИП_1$ типа М4204 на 100 мкА. Могут быть также применены и другие типы элементов с указанными на схеме номиналами.

Все элементы прибора размещены на печатной плате *1* из фольгированного стеклотекстолита, закрепленной на выводных клеммах микроамперметра $ИП_1$ (рис. 58). Микроамперметр вместе с печатной платой вставлен в стальную коробку *2* с крышкой *3* — корпус прибора. Через отверстия в корпусе, снабженные резиновыми втулками, выведены провода для внешних подсоединений. Провода снабжены зажимами типа «крокодил» с гравировкой в соответствии с обозначениями на схеме (см. рис. 57). Масса прибора 400 г, габариты 110×100×60 мм.

13. Градуировка прибора

Для градуировки прибора необходим источник питания постоянного тока с напряжением 12 В и током 150—200 мА и какой-либо генератор импульсов с частотой следования импульсов от 20 до 200 Гц и амплитудой не менее 20 В, например, типа ГИП-2А. Сопротивление резистора R_8 первоначально устанавливают максимальным.



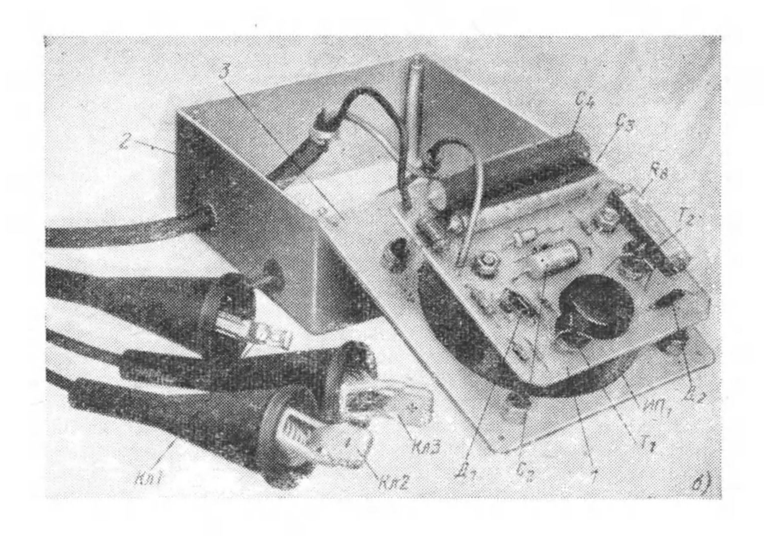


Рис. 58. Устройство автомобильного тахометра.

а — общий вид; *б* — с вынутой крышкой; *1* — печатная плата; **2 — коробка; 3** — крышка.

Источник питания подключают к зажимам «+Е» и «⊥». Генератор импульсов — к зажимам «Вход» и «⊥». При включенном питании и отсутствии сигнала от генератора стрелка микроамперметра должна находиться на нулевом делении шкалы (транзистор T_2 заперт).

Частоту градуировки f рассчитывают по формуле

$$f = \frac{N_ц n}{30 K_т},$$

где n — точка градуировки по шкале прибора, об/мин; $N_ц$ — число цилиндров; $K_т$ — количество тактов двигателя (два или четыре).

Например, для четырехцилиндрового четырехтактного двигателя частота градуировки точки шкалы, соответствующей 6000 об/мин, равна 200 Гц.

Шкала прибора линейна, поэтому градуировку можно производить по одной точке, соответствующей, например, максимальному числу оборотов, однако промежуточные точки шкалы также следует проверить.

14. Работа с прибором

Подключение прибора производится при остановленном двигателе. Зажим «⊥» соединяют с корпусом автомобиля, зажим «+Е» — с положительной клеммой аккумулятора, а зажим «Вход» одевают на изоляцию высоковольтного провода, идущего к распределителю от катушки зажигания (центральный высоковольтный провод).

Двигатель запускают и по шкале прибора отсчитывают число оборотов коленчатого вала в минуту.

ЭЛЕКТРОННЫЙ «СТОРОЖ» АВТОМОБИЛЯ

Каждый автомобиль должен быть оборудован устройством, предотвращающим проникновение в его салон, багажник и моторный отсек посторонних лиц, а также запуск двигателя этими лицами.

Известна простая схема сигнализации (рис. 59). Сигнальные контакты *СК* устанавливают в дверях, багажнике и капоте автомобиля. Выключатель B_1 располагают снаружи автомобиля. Если выключатель B_1 включен, к выводу *1* обмотки реле P_1 подводится напряжение аккумулятора E (на рис. 59 подводится плюс, но можно подвести и минус; при этом следует изменить лишь полярность включения диода $Д_1$).

При открывании какой-либо из дверей, багажника или капота замыкается соответствующий сигнальный контакт. Реле P_1 срабатывает. Его контакты *7*, *6* и *4*, *5* замыкаются. Контакты *7*, *6* блокируют сигнальные контакты, а контакты *4*, *5* замыкают цепь питания реле сигналов *РС*, включающее звуковые сигналы. Теперь, даже если двери, багажник и капот закрыть, реле P_1 и реле *РС* не обесточатся и сигналы будут продолжать звучать. Для отключения сигнализации необходимо разомкнуть контакты выключателя B_1.

В качестве сигнальных контактов удобно применять стандартные нормально замкнутые автомобильные кнопки, используемые в отечественных легковых автомобилях для включения ламп плафона ($Л_1$) при открывании дверей, причем установка дополнительных кнопок

в дверях не требуется, используют уже имеющиеся кнопки, которые включают лампы плафона. Это упростит монтаж системы сигнализации на автомобиле и позволит осуществить контроль за исправностью сигнальных контактов до включения сигнализации: в случае неисправности любого из них плафон в салоне автомобиля при закрытых дверях, багажнике и капоте будет гореть. Однако плафон в салоне теперь будет гореть не только при открытых дверях, но и при открытом багажнике или капоте.

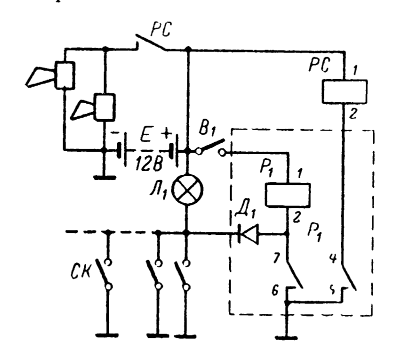


Рис. 59. Простая схема сигнализации.

СК — сигнальные контакты; *РС* — реле сигналов; $Л_1$ — лампа плафона; *Е* — автомобильный аккумулятор; $В_1$ — выключатель сигнализации.

Если это нежелательно, сигнальные контакты багажника и капота следует подключить к аноду диода $Д_1$. Однако контроль исправности этих контактов осуществляться при этом не будет.

Диод $Д_1$ предназначен для разгрузки контактов реле $Р_1$ от тока лампы плафона; он может быть любого типа на ток не менее 100 мА и напряжение не менее 15 В (например, типа Д226). Реле $Р_1$ может быть также любого типа на напряжение 12 В с двумя парами контактов, рассчитанных на ток, потребляемый реле сигналов (*РС*), а при его отсутствии на ток, потребляемый самим сигналом.

Недостатком простейшей схемы сигнализации является необходимость ее включения и отключения снаружи автомобиля, что не всегда удобно. Описываемый ниже электронный «сторож» автомобиля свободен от этого недостатка. Включение и отключение сигнализации производится внутри салона автомобиля. Это достигается с помощью двух электронных реле времени, создающих временные задержки, необходимые для выхода из автомобиля после включения сигнализации (20—40 с) и для отключения сигнализации после входа в автомобиль (5—10 с). Если сигнализация не будет отключена в течение 5—10 с после открывания левой передней двери (двери водителя), начинает работать звуковой сигнал автомобиля и система зажигания блокируется. При открывании других дверей, багажника или капота звуковой сигнал начинает работать немедленно.

Преимуществами описываемого электронного «сторожа» по сравнению с другими подобными приборами [17] являются возможность его возврата в исходное состояние после срабатывания различными способами (наличие простейшего кодового замка), отсутствие потребления энергии во включенном состоянии до срабатывания, а также то, что он не может быть возвращен в исходное состояние путем кратковременного отключения клеммы аккумулятора. Указанные преимущества достигаются применением в схеме прибора двух дистанционных переключателей типа РПС-20.

15. Принцип действия и схема устройства

Схема устройства вместе с цепями соединений на автомобиле показана на рис. 60. Она состоит из двух электронных реле времени $РВ_1$ и $РВ_2$, элементы которых на схеме обведены пунктиром, и электромагнитного реле $Р_2$, с помощью которого осуществляется блокировка сигнального контакта левой передней двери.

Реле времени $РВ_1$ предназначено для создания временной задержки, необходимой для выхода из автомобиля после включения прибора, а реле $РВ_2$ создает задержку для отключения прибора после входа в автомобиль.

Для установки устройства в исходное состояние необходима кратковременная подача напряжения питания на клемму $Кл_6$. При этом контакты дистанционных переключателей $Р_1$ и $Р_3$ устанавливаются в положения, показанные на рис. 60, и прибор готов к работе.

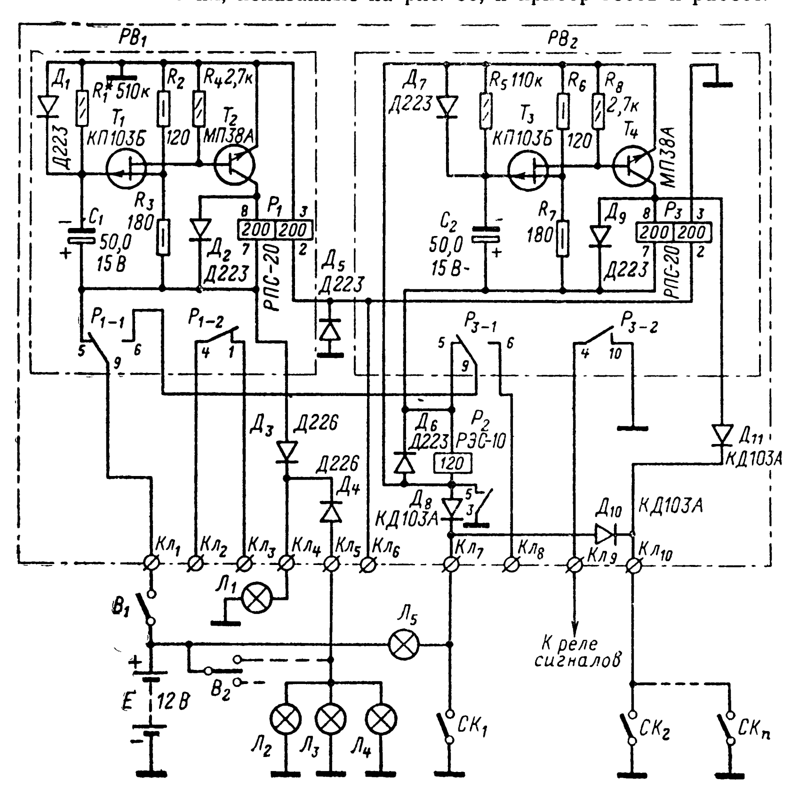


Рис. 60. Схема электронного «сторожа» автомобиля.

$СК_1$ — сигнальный контакт левой передней двери; $СК_2$—$СК_n$ — сигнальные контакты дверей, багажника и капота; $Л_1$ — лампа левого переднего указателя поворота; $Л_2$—$Л_4$ — лампы левых указателей поворота; $Л_5$ — лампа плафона; $В_1$ — выключатель «сторожа»; $В_2$ — переключатель указателей поворота; $Е$ — автомобильный аккумулятор.

Перед выходом из кабины водитель должен включить выключатель B_1. При этом напряжение питания через замкнутые контакты *9, 5* дистанционного переключателя P_1 поступает к реле времени PB_1 и через диод $Д_3$ к одной из ламп указателей поворотов (например, левой передней $Л_1$). Лампа указателя поворотов $Л_1$ зажигается, одновременно начинается заряд конденсатора C_1 через резистор R_1. Транзисторы T_1 и T_2 при этом заперты. Обмотки дистанционного переключателя P_1 обесточены, на исток полевого транзистора T_1 с делителя на резисторах R_2 и R_3 подается напряжение, запирающее его. Когда напряжение на конденсаторе C_1 достигает напряжения, имеющегося на истоке полевого транзистора T_1, он отпирается, что вызывает отпирание транзистора T_2 и переключение контактов дистанционного переключателя P_1. Реле времени PB_1 обесточивается, и лампа указателя поворота $Л_1$ гаснет. Положительный полюс аккумулятора через контакты *9, 6* дистанционного переключателя P_1 и контакты *9, 5* дистанционного переключателя P_3 подключается к обмотке электромагнитного реле P_2, конденсатор C_1 разряжается через диод $Д_1$ и резисторы R_2 и R_3, подготавливая реле времени PB_1 к следующему циклу работы. Контакты *4, 1* дистанционного переключателя P_1 размыкаются и разрывают цепь питания катушки зажигания (на рис. 60 эта цепь не показана).

При открывании левой передней двери ее сигнальный контакт CK_1 замыкает цепь питания обмотки реле P_2, которое срабатывает и своими контактами *3, 5* блокирует сигнальный контакт. Теперь даже если левая передняя дверь будет закрыта, реле P_2 останется во включенном состоянии, через его контакты *3, 5* напряжение питания будет поступать к реле времени PB_2 и конденсатор C_2 будет заряжаться через резистор R_5. Дальнейшая работа реле времени PB_2 происходит аналогично работе реле времени PB_1. Когда напряжение на конденсаторе C_2 достигает напряжения, имеющегося на истоке транзистора T_3, он отпирается, транзистор T_4 также отпирается и происходит переключение дистанционного переключателя P_3. Его контакты *4, 10* включают реле сигналов, а контакты *9, 6* блокируют систему зажигания. Теперь, даже если и выключить выключатель B_1, контакты *4, 10* и *9, 6* дистанционного переключателя P_3 останутся замкнутыми, а контакты *4, 1* дистанционного переключателя P_1 разомкнутыми, сигналы автомобиля будут звучать и система зажигания останется заблокированной.

При замыкании сигнальных контактов других дверей, багажника или капота (CK_2—CK_n) дистанционный переключатель P_3 переключается немедленно, и сигналы сразу же начинают звучать.

Размыкание сигнальных контактов или отключение выключателя B_1 не изменит состояния дистанционных переключателей P_1 и P_3; сигналы будут продолжать звучать, а система зажигания останется заблокированной. Для приведения схемы в исходное состояние необходима кратковременная подача питания на клемму $Кл_6$ прибора.

Диод $Д_4$ предотвращает зажигание всех ламп указателей поворотов ($Л_2$—$Л_4$) после включения выключателя B_1 и тем самым разгружает контакты дистанционного переключателя P_1. Диод $Д_3$ предотвращает подачу питания на реле времени PB_1, когда выключатель B_1 разомкнут, а указатель поворотов включен. Диод $Д_8$ разгружает контакты реле P_2 от тока лампы плафона $Л_5$, диод $Д_{10}$ исключает немедленное срабатывание сигнала при замыкании сигнального контакта левой передней двери.

16. Конструкция и детали

Конструктивно прибор состоит из основания *1*, двух печатных плат (верхней и нижней), двух контактных колодок *2* и крышки *4* (рис. 61). Основание изготовлено из алюминиевого сплава АМцМ, крышка — из стали, печатные платы — из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. На печатных платах расположены все элементы прибора. Нижняя печатная плата закреплена на специальных приливах основания с помощью двух текстолитовых втулок

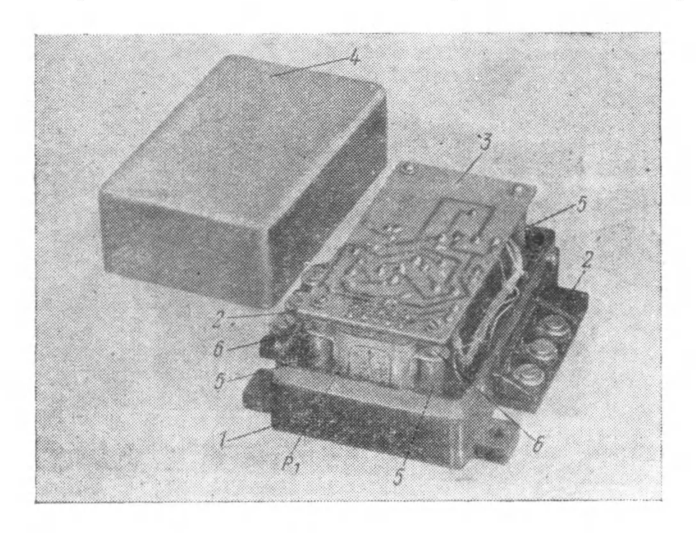


Рис. 61. Устройство электронного «сторожа» автомобиля.

1 — основание; *2* — контактная колодка; *3* — печатная плата; *4* — крышка; *5* — стойка; *6* — втулка.

и четырех стальных стоек *5* с резьбой М2, вворачиваемых в соответствующие отверстия основания (на рис. 61 эта плата не видна), а верхняя *3* — к стойкам *5* с помощью двух текстолитовых втулок *6* и четырех винтов М2, вворачиваемых в резьбовые отверстия стоек. Крепежные лепестки корпусов дистанционных переключателей P_1 и P_3 зажаты между текстолитовыми втулками *6* и стойками *5*. Контактные колодки изготовлены из текстолита и имеют латунные пластины с винтами М3 для подключения внешних цепей на автомобиле. Контактные колодки приклеены к основанию с помощью эпоксидного клея. Сверху прибор закрыт крышкой, закрепленной четырьмя винтами на основании. Основание имеет четыре лапки с отверстиями диаметром 4 мм для крепления прибора на автомобиле. Масса прибора 300 г, габариты 89×78×45 мм.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы других элементов указаны на схеме рис. 60. Все резисторы применены типа МЛТ. Электролитические конденсаторы C_1 и C_2 любого типа, однако их по-

стоянная времени, равная произведению номинальной емкости на сопротивление изоляции [42], должна быть для C_1 не менее 200 с, а для C_2 — не менее 60 с. Могут быть применены также неэлектролитические конденсаторы, например малогабаритные металлобумажные типа МБМ. При этом постоянная времени R_1C_1 должна быть равна примерно 30 с, а R_5C_2 — 10 с. Сопротивления резисторов R_1 и R_5 не должны превышать 15 МОм. Дистанционные переключатели типа РПС-20, паспорт РС4 521 752, реле P_2 — РЭС-10, паспорт РС4 524 303 или РС4 524 308. Вместо транзисторов МП38А могут быть применены МП11А, КТ608А, КТ608Б или КТ315 с любым буквенным индексом. Полевые транзисторы КП103 могут быть также с любым буквенным индексом. Диоды могут быть любого типа на напряжение не менее 15 В и ток, значение которого должно быть равно или больше, чем у диодов, указанных на схеме.

17. Налаживание и монтаж в автомобиле

Если детали исправны и схема собрана правильно, прибор работает сразу и налаживание его заключается лишь в подборе сопротивлений резисторов R_1 и R_5 для получения желаемых выдержек времени. При увеличении сопротивлений этих резисторов выдержки времени увеличиваются. Обычно для выхода водителя из автомобиля достаточна выдержка 20—40 с, а для входа 5—10 с.

В автомобиле прибор лучше всего монтировать вблизи реле сигналов. В этом случае провод от клеммы $Кл_9$ будет трудно найти и оборвать. Обрыв остальных проводов после срабатывания сигнализации (после срабатывания дистанционного переключателя P_3) значения не имеет. Если их оборвать, сигнал будет продолжать звучать.

В качестве сигнальных контактов в дверях целесообразно использовать уже имеющиеся там стандартные кнопки, служащие для включения лампы плафона. В электрическую схему автомобиля придется внести изменения: лампа плафона $Л_5$ должна быть соединена только с сигнальным контактом левой передней двери $СК_1$ (см. рис. 60), который подключают к клемме $Кл_7$ прибора. Остальные сигнальные контакты дверей, багажника и капота ($СК_1$—$СК_n$) соединяют вместе и подключают к клемме $Кл_9$. Это обеспечивает постоянный контроль за исправностью всех сигнальных контактов: в случае неисправности любого из них лампа плафона будет гореть при закрытых дверях, багажнике и капоте независимо от включения сигнализации. Кроме того, необходимо лампу левого переднего указателя поворотов $Л_1$ (можно также правого или заднего) отключить от общей цепи левых указателей поворотов ($Л_2$—$Л_4$) и подключить к клемме $Кл_4$ прибора, а общую цепь подключить к клемме $Кл_5$. Это обеспечит проверку исправности работы прибора: через 20—40 с после включения выключателя B_1 и выхода водителя из кабины лампа левого указателя поворотов должна погаснуть. Указанная переделка не влияет на основную работу указателей поворотов.

В случае, если водитель сочтет допустимым, чтобы все сигнальные контакты работали с задержкой, схема прибора может быть упрощена: из схемы исключают диод $Д_{10}$, клемму $Кл_{10}$, а все сигнальные контакты подключают к клемме $Кл_7$. То же относится и к проверке исправности прибора с помощью лампы левого переднего указателя поворотов. Если эта проверка не нужна, из схемы исключают диоды $Д_3$, $Д_4$ и клеммы $Кл_4$ и $Кл_5$. В обоих случаях упрощается

монтаж прибора на автомобиле, однако удобство пользования прибором снижается.

В заключение укажем, что вместо лампы левого переднего указателя поворотов к клемме $Кл_4$ прибора может быть подключена любая другая лампа, например плафона или подфарника, мощность которой не превышает 4,5 Вт. К клемме $Кл_5$ прибора в этом случае также подключают другие цепи.

Для отключения сигнализации после входа водителя в автомобиль, если сигналы еще не начали звучать, достаточно отключить выключатель $В_1$ и затем (для приведения устройства в исходное состояние) на короткое время (0,5—1,0 с) подать напряжение питания (плюс от аккумулятора) на клемму $Кл_6$ прибора. Время, в течение которого будет выполнена вторая из указанных операций, не имеет значения. Однако если сигналы уже начали звучать, отключение выключателя $В_1$ не поможет. Сигналы прекратят работать лишь после кратковременной подачи питания на клемму $Кл_6$.

Для нормальной работы прибора подача питания на клемму $Кл_6$ в любом случае должна быть кратковременной и может осуществляться различными способами. Например, с помощью нормально разомкнутой кнопки и выключателя, соединенных определенным образом (простейший кодовой замок), выключателя и конденсатора и т. д. В последнем случае используют электролитический конденсатор емкостью не менее 50 мкФ, рассчитанный на напряжение не менее 15 В, и параллельно ему подключают резистор с сопротивлением 50—200 кОм, служащий для его разряда после отключения питания.

Блокировка системы зажигания также может быть осуществлена различными способами. Можно, например, клеммы $Кл_2$ и $Кл_3$ включить последовательно с первичной обмоткой катушки зажигания, а клемму $Кл_8$ соединить с подвижным контактом прерывателя через конденсатор соответствующей емкости. Если на автомобиле установлена электронная система зажигания, возможностей для ее блокировки еще больше. Конкретных рекомендаций здесь давать не следует. Пусть каждый автолюбитель подумает и сделает так, как сочтет нужным.

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОР АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Срок службы автомобильного аккумулятора, лампочек освещения и других приборов электрооборудования автомобиля в большой степени определяется стабильностью напряжения в его бортовой электросети. Однако применяемые на большинстве современных автомобилей электромеханические контактные регуляторы не обеспечивают необходимой стабильности напряжения. Кроме того, они имеют низкую надежность и ограниченный срок службы. Контакты регуляторов в процессе эксплуатации обгорают, и их приходится периодически чистить; после этого, как правило, необходима новая регулировка. Все это является определенным неудобством, усложняющим и удорожающим эксплуатацию автомобиля. Электронные бесконтактные регуляторы по своему назначению аналогичны электромеханическим контактным регуляторам, в то же время отличаются от них повышенной стабильностью параметров и практически неограниченным сроком службы. Их применение значительно увеличивает срок

службы аккумулятора и других приборов электрооборудования автомобиля.

Описываемый в настоящем параграфе электронный бесконтактный реле-регулятор предназначен для поддержания постоянным напряжения в бортовой электросети автомобиля, оборудованного генератором постоянного тока (с минусом на массе), для ограничения максимального тока генератора и предотвращения разряда аккумулятора через обмотку генератора, когда напряжение генератора меньше напряжения аккумулятора. Таким образом, по выполняемым функциям описываемый прибор аналогичен контактным реле-регуляторам и предназначен для замены последних без каких-либо переделок в электрической схеме автомобиля.

Номинальное значение поддерживаемого напряжения допускает ручную регулировку в пределах от 13 до 15 В, что позволяет выбирать оптимальный режим работы аккумулятора в любое время года.

Стабильность поддерживаемого напряжения во всех условиях эксплуатации не ниже ±0,1 В; ток нагрузки — не менее 20±0,5 А, ток шунтовой обмотки генератора — не более 2 А. Обратный ток через обмотку якоря генератора не более 3 мА.

Габариты прибора 130×102×57 мм. Масса около 900 г.

18. Принцип действия и схема устройства

Реле-регулятор состоит из трех функциональных узлов: регулятора напряжения, ограничителя тока и реле обратного тока (рис. 62).

Регулятор напряжения собран на интегральной схеме $ИС_1$, резисторах R_6, R_7, R_{14}, стабилитроне $Д_7$ и диоде $Д_{11}$. Ограничитель тока — на интегральной схеме $ИС_2$, резисторах R_3—R_5, R_{11}—R_{13}, транзисторе T_1, стабилитроне $Д_5$ и диодах $Д_3$, $Д_4$, $Д_{10}$.

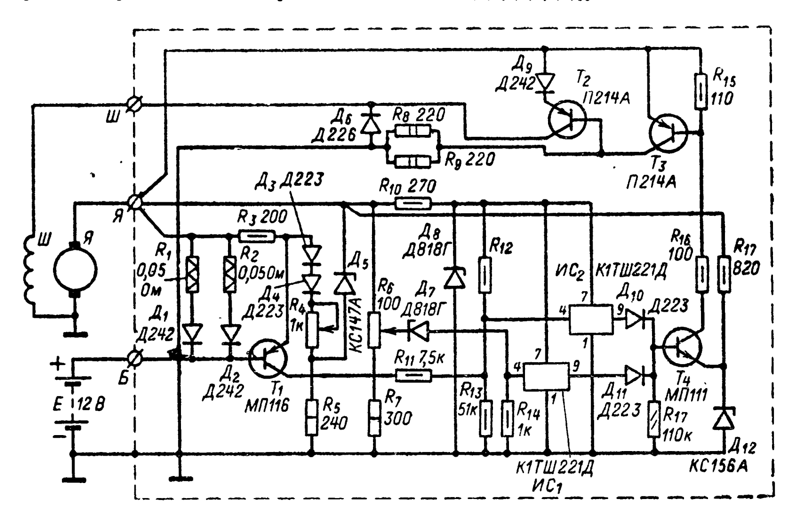


Рис. 62. Схема электронного бесконтактного реле-регулятора генератора постоянного тока.

Транзисторы T_2—T_4, диоды $Д_6$, $Д_9$, стабилитроны $Д_8$, $Д_{12}$, резисторы R_8—R_{10}, R_{15}—R_{17} являются общими элементами как для регулятора напряжения, так и для ограничителя тока.

В качестве реле обратного тока применены кремниевые диоды $Д_1$, $Д_2$, включенные последовательно с резисторами R_1, R_2 с целью выравнивания их прямых сопротивлений.

Падение напряжения от тока нагрузки на диодах $Д_1$, $Д_2$ и резисторах R_1, R_2 используется также в качестве входного сигнала для ограничителя тока.

Диод $Д_9$ обеспечивает запирание транзистора T_2, а стабилитрон $Д_{12}$ — транзистора T_4. Диод $Д_6$ устраняет выбросы напряжения в обмотке возбуждения генератора в момент запирания транзистора T_2.

В описываемом приборе применены две интегральные микросхемы $ИС_1$ и $ИС_2$ типа К1ТШ221Д, представляющие собой триггеры Шмидта. Они обеспечивают необходимую скорость переключения мощных транзисторов T_2 и T_3 независимо от параметров регулируемой системы, что снижает мощность рассеивания в транзисторах на всех режимах работы.

Кроме того, интегральные триггеры типа К1ТШ221Д обладают высокой стабильностью порога срабатывания (переключения), что обеспечивает высокую стабильность поддерживаемого напряжения.

Регулятор напряжения работает следующим образом. До тех пор, пока развиваемое генератором напряжение меньше заданного уровня, определяемого положением движка потенциометра R_6, напряжением стабилизации стабилитрона $Д_7$ и напряжением переключения интегральной схемы $ИС_1$, напряжение на выходе интегральной схемы мало и транзистор T_4 заперт. Следовательно, заперт транзистор T_3, а транзистор T_2 отперт. Обмотка возбуждения генератора (клемма «Ш») подключена через отпертый транзистор T_2 и диод $Д_9$ к обмотке якоря генератора (клемма «Я»), и напряжение последнего увеличивается.

Когда напряжение генератора достигает заданного уровня, интегральная схема $ИС_1$ переключается, напряжение на ее выходе увеличивается, транзисторы T_4 и T_3 отпираются, а транзистор T_2 запирается, отключая обмотку возбуждения генератора от обмотки якоря. Напряжение генератора начинает уменьшаться, интегральная схема $ИС_1$ выключается, транзисторы T_4, T_3 запираются, а транзистор T_2 отпирается, подключая обмотку возбуждения генератора к обмотке якоря и т. д. Таким образом, регулятор поддерживает напряжение генератора в пределах заданного среднего уровня.

При изменении частоты вращения генератора изменяются частота и скважность переключения интегральной схемы $ИС_1$, напряжение же в бортовой сети автомобиля остается практически постоянным.

Ограничитель тока работает следующим образом. До тех пор, пока ток нагрузки, проходящий от клеммы «Я» к клемме «Б» через параллельно соединенные цепочки R_1, $Д_1$ и R_2, $Д_2$, не превышает максимального значения ($20\pm0{,}5$ А), транзистор T_1 заперт и напряжение на входе интегральной схемы $ИС_2$ недостаточно для ее переключения. Диод $Д_{10}$ заперт, и ограничитель не влияет на работу регулятора напряжения. По мере увеличения тока нагрузки увеличивается падение напряжения на цепочках R_1, $Д_1$ и R_2, $Д_2$, и, когда оно превышает напряжение на эмиттере транзистора T_1, он отпирается, интегральная схема $ИС_2$ переключается, транзисторы T_4 и T_3 отпираются, транзи-

стор T_2 запирается и обмотка возбуждения генератора отключается от обмотки якоря независимо от состояния интегральной схемы $ИС_1$. Ток, отдаваемый генератором, уменьшается, транзистор T_1 запирается, интегральная схема $ИС_2$ выключается, а шунтовая обмотка снова подключается к обмотке якоря и т. д. В результате отдаваемый генератором ток в любом случае не может превышать заданного значения.

Высокая стабильность параметров описываемого прибора обеспечивается высокой стабильностью параметров примененных в нем элементов — стабилитронов типа Д818Г ($Д_7$, $Д_8$) и интегральных микросхем сипа К1ТШ221Д ($ИС_1$, $ИС_2$), а также имеющей место взаимной компенсацией температурных изменений параметров отдельных элементов: $Д_1$, $Д_2$ и T_1; $Д_3$—$Д_5$.

19. Конструкция и детали

Конструктивно прибор состоит из основания *1*, печатной платы *2* и четырех пластинчатых радиаторов *3—6*, на которых расположены транзисторы T_2, T_3 и диоды $Д_1$, $Д_2$ и $Д_9$ (рис. 63). Радиаторы *4—6* имеют выступы с резьбовыми отверстиями и винтами, служащие в качестве клемм для подключения прибора в автомобиле. Радиаторы крепят к основанию с помощью шести винтов М4 и четырех стоек *7* От основания радиаторы изолированы тонкой лавсановой прокладкой, текстолитовыми втулками *8* и шайбами *9*. Основание и радиаторы изготовлены из алюминиевого сплава Д1Т, что обеспечивает хороший теплоотвод для установленных на радиаторах транзисторов

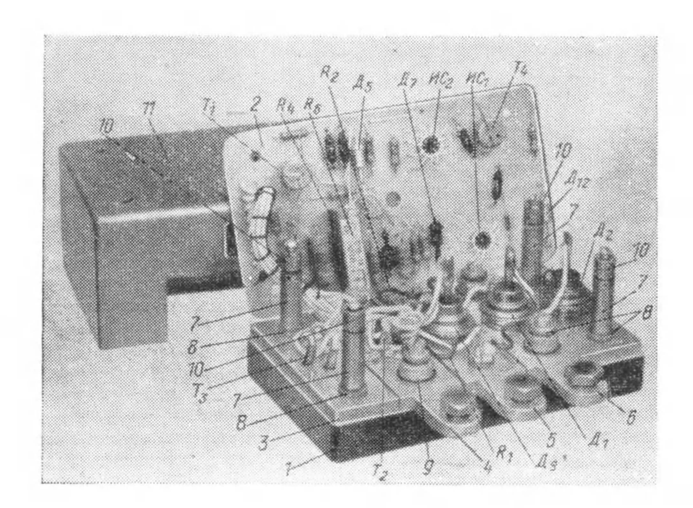


Рис. 63. Устройство электронного бесконтактного реле-регулятора генератора постоянного тока.

1 — основание; *2* — печатная плата; *3—6* — радиаторы; *7* — стойка; *8* — втулка; *9* — шайба; *10* — фигурный винт; *11* — крышка.

и диодов. Печатная плата из фольгированного стеклотекстолита с остальными элементами схемы расположена на четырех стойках, вворачиваемых в резьбовые отверстия основания, и закреплена с помощью четырех фигурных винтов *10*. Сверху прибор закрыт стальной крышкой *11*, закрепленной четырьмя винтами М3, вворачиваемыми в резьбовые отверстия фигурных винтов *10*. Для крепления на автомобиле в основании имеются отверстия с резьбой М4.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы других элементов схемы указаны на рис. 62. Постоянные резисторы типа МЛТ. Резисторы R_1 и R_2 проволочные, самодельные из манганиновой, константановой или нихромовой проволоки диаметром 1,0—1,5 мм. Переменные резисторы R_4 и R_6 типа СП5-1А. Сопротивление резистора R_{12} 10 ком.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ можно заменить любыми другими, рассчитанными на ток не менее 10 А, у которых прямое падение напряжения не превышает 1,2 В, например диодами Д243, Д243А, Д245, Д245А, а диод $Д_9$ — любым диодом рассчитанным на ток не менее 3 А, например КД202А, КД202В, КД202Д, КД202Ж, КД202К, КД202М, КД202Р.

Диоды Д223 могут быть заменены любыми маломощными диодами, рассчитанными на ток не менее 50 мА.

Стабилитроны Д818Г можно заменить стабилитронами Д809 или Д814Б, однако термостабильность прибора при этом ухудшится, так как температурный коэффициент напряжения (ТКН) у этих стабилитронов значительно больше, чем у Д818Г.

Транзистор T_2 (П214А) может быть заменен любым мощным транзистором, рассчитанным на ток не менее 5 А и имеющим прямое напряжение в отпертом состоянии не более 1,3 В, например транзисторами П216, П217, П210, а транзистор T_3 — транзистором, рассчитанным на ток не менее 1 А, у которого обратный ток коллектора при температуре +70° С не превышает 2,5 мА, например П213, П214, П215. При монтаже прибора следует обратить внимание на то, чтобы анод диода $Д_9$ и резисторы R_1 и R_2 были подключены непосредственно к клемме «Я» прибора (рис. 62).

20. Налаживание

Если прибор собран правильно из исправных деталей, то он работает сразу и налаживание заключается лишь в регулировке величины поддерживаемого напряжения и тока ограничения.

До установки прибора на автомобиль необходимо убедиться в его работоспособности и произвести предварительную статическую регулировку (без генератора).

Статическая регулировка поддерживаемого напряжения производится по схеме рис. 64. На схеме буквами *РИ* указан регулируемый стабилизированный источник постоянного тока с напряжением от 11 до 15 В и током не менее 3 А, например, типа ВС-26 или Б1-21; резистор R_1, имитирующий обмотку возбуждения генератора — любого типа мощностью рассеяния не менее 25 Вт (например, реостат, рассчитанный на ток не менее 2 А); вольтметр $ИП_1$ любого типа на напряжение 15—50 В, служащий в качестве индикатора тока в цепи шунтовой обмотки генератора [1]; вольтметр $ИП_2$ на напряжение 15—

[1] В качестве индикатора тока в цепи шунтовой обмотки могут быть также применены амперметр, осциллограф, лампа накаливания и другие приборы.

20 В класса не ниже 0,5 (например, типа М109) со шкалой, позволяющей вести отсчет до десятых долей вольта.

Резистор R_1 должен быть подключен непосредственно к отрицательной клемме, а провод, идущий от положительной клеммы источника питания к клемме «Я», должен иметь сечение не менее 0,75 мм².

Движок переменного резистора R_6 прибора устанавливают в нижнее по схеме положение (см. рис. 62), соответствующее максимальному значению поддерживаемого напряжения. Напряжение источника питания устанавливают равным 14 В. В случае исправности при-

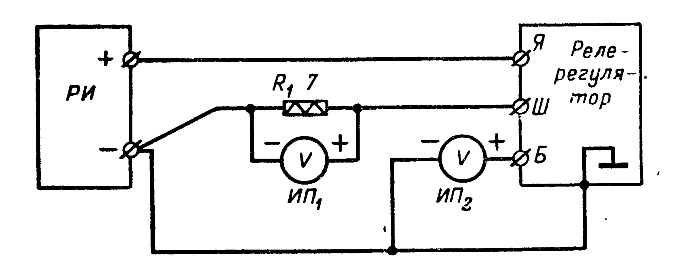


Рис. 64. Схема статической регулировки поддерживаемого напряжения реле-регулятора генератора постоянного тока.

бора после включения питания индикатор $ИП_1$ должен показывать наличие тока в обмотке возбуждения генератора. Значение тока должно находиться в пределах 1,5—2,5 А. Наблюдая за показаниями индикатора $ИП_1$, необходимо медленно вращать ось переменного резистора R_6. В момент исчезновения тока в цепи обмотки возбуждения генератора вращение оси переменного резистора R_6 необходимо прекратить.

Наблюдая за показаниями вольтметра $ИП_2$ и индикатора $ИП_1$, плавно уменьшают напряжение источника питания до появления тока в цепи обмотки возбуждения. Затем увеличивают напряжение источника питания до исчезновения тока. По вольтметру $ИП_2$ отмечают напряжение, при котором ток исчезает ($U_{макс}$) и при котором он появляется ($U_{мин}$). В исправном регуляторе разница между $U_{макс}$ и $U_{мин}$ не должна превышать 1 В. С помощью переменного резистора R_6 необходимо добиться, чтобы среднее арифметическое значение между $U_{макс}$ и $U_{мин}$ было равно примерно 13,7 В:

$$\frac{U_{макс} + U_{мин}}{2} \approx 13{,}7 \text{ В}.$$

Статическую регулировку тока ограничения производят по схеме рис. 65. На схеме приняты следующие обозначения: E — стартерный аккумулятор; $ИП_2$ — амперметр постоянного тока на 20—30 А класса не ниже 2,5; R_2 — реостат с сопротивлением не менее 2 Ом, рассчитанный на ток до 20 А; назначение элементов R_1 и $ИП_1$ тоже, что и при предыдущей регулировке. При сборке схемы резистор R_1 и реостат R_2 должны быть подключены непосредственно к отрицательной клемме аккумулятора, а провод, идущий от положитель-

ной клеммы аккумулятора к клемме «Я» прибора, должен иметь сечение не менее 3,0 мм^2 (падение напряжения на этом проводе не должно превышать 0,5 В). Аккумулятор должен быть в исправном состоянии и полностью заряжен; при токе 20 А его напряжение должно быть не менее 11,5 В.

Перед регулировкой движок переменного резистора R_4 устанавливают в нижнее по схеме положение (см. рис. 62), соответствующее максимальному току ограничения, а сопротивление реостата R_2 должно быть максимальным.

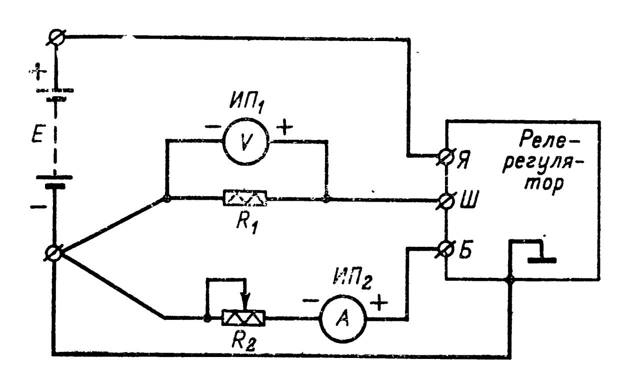


Рис. 65. Схема статической регулировки тока ограничения реле-регулятора генератора постоянного тока.

После подачи питания (после подключения аккумулятора) индикатор $ИП_1$ должен показывать наличие тока в цепи шунтовой обмотки генератора. Плавно уменьшая сопротивление реостата R_2, по амперметру $ИП_2$ устанавливают номинальное значение тока для данного типа генератора.

Наблюдая за показаниями индикатора $ИП_1$, медленно вращают ось переменного резистора R_6. В момент исчезновения тока в цепи шунтовой обмотки вращение оси переменного резистора R_6 прекращают.

Наблюдая за показаниями амперметра $ИП_2$ и индикатора $ИП_1$, плавно увеличивают сопротивление реостата R_2 до появления тока в цепи шунтовой обмотки. Затем уменьшают сопротивление реостата до исчезновения тока. По амперметру $ИП_2$ отмечают значение тока нагрузки, при котором ток в цепи шунтовой обмотки исчезает ($I_{макс}$) и при котором он появляется ($I_{мин}$). В исправном регуляторе разница между $I_{макс}$ и $I_{мин}$ не должна превышать 2 А. С помощью переменного резистора R_4 добиваются равенства $I_{макс}$ номинальному току генератора.

Проверку и регулировку прибора на автомобиле производят по схеме рис. 66. Измерительные приборы и реостат используют те же, что и при статической регулировке: вольтметр $ИП_2$ соответствует вольтметру $ИП_2$ на рис. 64, а амперметр $ИП_1$ и реостат R_1 — амперметру $ИП_2$ и реостату R_2 на рис. 65.

Перед проверкой сопротивление реостата устанавливают максимальным. Запускают двигатель автомобиля и устанавливают сред-

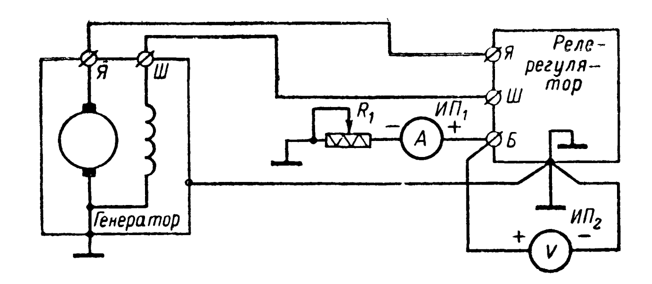


Рис. 66. Схема проверки и регулировки реле-регулятора генератора постоянного тока на автомобиле.

ние обороты коленчатого вала (1500—2000 об/мин в зависимости от марки двигателя и передаточного числа двигатель — генератор), соответствующие 3000 об/мин вала генератора[1], после этого токовую клемму аккумулятора отключают. Затем с помощью реостата R_1 по амперметру $ИП_1$ устанавливают ток нагрузки, равный половине номинального: при этом контролируемое по вольтметру $ИП_2$ напряжение не должно отличаться от указанного в табл. 6 более чем на ±0,2 В. В противном случае, вращая ось переменного резистора

Таблица 6

Климатический район	Время года	Установка аккумулятора: наружная	Установка аккумулятора: подкапотная
		Поддерживаемое напряжение, В	
Северные районы и районы с резко континентальным климатом с температурой зимой ниже минус 40° С	Зима	15,0	14,5
	Лето	14,0	13,7
Центральные районы с температурой зимой до минус 40° С	В течение года	14,2	13,7
Южные районы	В течение года	13,5	13,5

[1] Обороты коленчатого вала двигателя необходимо контролировать с помощью тахометра.

R_6, необходимо отрегулировать напряжение с точностью не менее ±0,2 В.

Не изменяя числа оборотов коленчатого вала двигателя и наблюдая за показаниями вольтметра и амперметра, при помощи реостата R_2 плавно увеличивают ток нагрузки генератора до тех пор, пока не наступит момент, когда, несмотря на уменьшение сопротивления реостата, ток нагрузки по амперметру $ИП_1$ не будет увеличиваться, а напряжение по вольтметру $ИП_2$ начнет снижаться. При этом максимальное значение тока по $ИП_1$, предшествующее снижению напряжения по $ИП_2$, не должно отличаться от номинального тока генератора данного типа более чем на ±1 А. В противном случае с помощью переменного резистора R_4 ток необходимо отрегулировать.

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Описываемый прибор предназначен для поддержания постоянным напряжения в бортовой сети автомобиля, оборудованного генератором переменного тока (с минусом на массе), и может быть установлен вместо электромеханического контактного регулятора без каких-либо переделок в электрической схеме автомобиля.

Номинальное значение поддерживаемого напряжения допускает ручную регулировку от 13 до 15 В, что позволяет выбирать оптимальный режим работы аккумулятора в любое время года. Стабильность поддерживаемого напряжения во всех условиях эксплуатации не ниже ±0,1 В. Ток обмотки возбуждения генератора — не более 3 А. Габариты прибора 105×52×44 мм. Масса около 250 г.

Принципиальная схема прибора (рис. 67) значительно проще схемы реле-регулятора, описанного в предыдущем разделе. Это объясняется отсутствием ограничителя тока и реле обратного тока, необходимость в которых отпала при использовании генератора переменного тока.

Регулятор состоит из двух функциональных узлов: порогового устройства с фильтром нижних частот, состоящего из стабилитрона $Д_1$, диода $Д_2$, резисторов R_1—R_3 и конденсатора C_1 и релейного усилителя постоянного тока на транзисторах T_1—T_2, нагрузкой которого служит обмотка возбуждения генератора *ОВ*.

Регулятор работает следующим образом. После включения питания выключателем $В_1$ (ключ зажигания), пока двигатель работает на малых оборотах и напряжение генератора меньше заданного уровня (см. табл. 6), определяемого положением движка потенциометра R_2 и напряжением стабилизации стабилитрона $Д_1$, последний заперт. Заперт также транзистор T_1, а транзисторы T_2 и T_3 отперты. Обмотка возбуждения генератора через диод $Д_{13}$ и открытый транзистор T_3 подключена к положительному полюсу аккумуляторной батареи *E*, и генератор получает полное возбуждение. Вследствие этого напряжение генератора увеличивается по мере увеличения числа оборотов двигателя или уменьшения его нагрузки. Когда напряжение генератора достигает заданного уровня, стабилитрон $Д_1$ и транзистор T_1 отпираются, а транзисторы T_2 и T_3 запираются. Обмотка возбуждения отключается от источника питания, и напряжение генератора начинает уменьшаться. Стаби-

литрон $Д_1$ и транзистор T_1 запираются, транзисторы T_2 и T_3 отпираются, обмотка возбуждения снова подключается к источнику питания и т. д.

Таким образом, регулятор поддерживает напряжение генератора в пределах заданного среднего уровня с точностью примерно ± 50 мВ. При изменении числа оборотов якоря или тока нагрузки изменяются лишь скважность и частота переключения обмотки возбуждения генератора (средний ток через эту обмотку), напря-

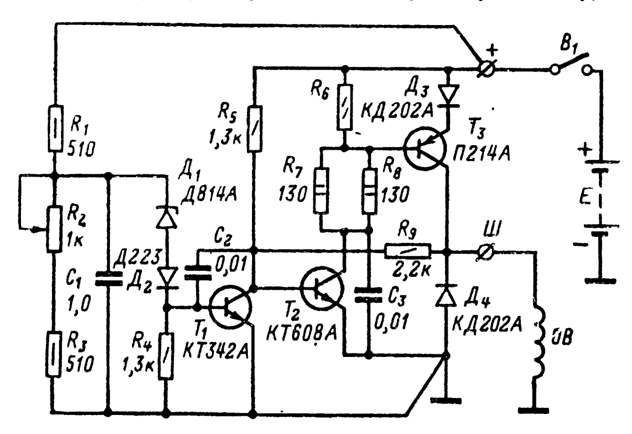


Рис. 67. Схема электронного бесконтактного регулятора напряжения генератора переменного тока. Сопротивление резистора R_6 100 Ом.

жение же в бортовой сети автомобиля остается практически неизменным. При этом, однако, следует иметь в виду, что регулятор поддерживает напряжение неизменным лишь на своих зажимах «+» и «⊥», и если к проводу, соединяющему плюсовый зажим регулятора с одноименным зажимом генератора (и аккумулятора), будут подключены еще какие-либо потребители энергии, то напряжение в бортовой сети автомобиля (на зажимах генератора и аккумулятора) будет всегда больше, чем на зажимах регулятора, на величину падения напряжения в указанном проводе. Кроме того, если падение напряжения будет периодически изменяться, например пропорционально числу оборотов двигателя, то это будет существенно влиять на работу регулятора.

Так, в современных автомобилях (например, «Жигули») к проводу, соединяющему плюсовый зажим регулятора с плюсовым зажимом генератора и аккумулятора, подключена система зажигания. Вследствие этого частота переключения обмотки возбуждения генератора делается равной частоте искрообразования в системе зажигания двигателя (см. § 5). Это явление не оказывает существенного влияния на стабильность поддерживаемого регулятором напряжения (стабильность ухудшается примерно на 50 мВ), однако рассеиваемая в транзисторах регулятора мощность (пропорциональная частоте их переключения) при этом возрастает, и

с этой точки зрения описываемое явление нежелательно. В то же время, если положительный зажим регулятора соединить непосредственно с одноименным зажимом генератора, а систему зажигания подключить непосредственно к плюсовому зажиму аккумулятора, то частота переключения транзисторов регулятора при всех режимах работы не превышает 60 Гц. При существующей же схеме включения (как было сказано выше) она равна частоте искрообразования, т. е. может достигать 200 Гц (при 6000 об/мин вала двигателя).

Остановимся на назначении отдельных элементов схемы регулятора.

Диод $Д_2$ компенсирует температурные изменения напряжения стабилизации стабилитрона $Д_1$ и тем самым повышает термостабильность регулятора. Диод $Д_3$ повышает термоустойчивость регулятора, обеспечивая надежное запирание германиевого транзистора T_3, когда кремниевый транзистор T_2 заперт (по своему назначению аналогичен диоду $Д_9$ на рис. 62). Диод $Д_4$ устраняет выбросы напряжения в обмотке возбуждения в момент запирания транзистора T_3 (аналогичен диоду $Д_6$ на рис. 62). С помощью резистора R_9 осуществляется положительная обратная связь по постоянному току, обеспечивающая необходимую скорость переключения транзисторов усилителя.

Конденсатор C_1 совместно с резисторами R_1—R_3 образует фильтр низких частот, сглаживающий пульсации напряжения на выходе генератора переменного тока (после выпрямителя). Без этого фильтра переключение транзисторов регулятора происходило бы с частотой пульсаций генератора (несколько килогерц), что вызывало бы увеличение мощности рассеивания в транзисторах и снижало бы надежность регулятора. Схема фильтра построена таким образом, что его постоянная времени остается практически неизменной при различных положениях движка переменного резистора R_2, с помощью которого устанавливается уровень поддерживаемого напряжения.

Конденсаторы C_2 и C_3 предотвращают самовозбуждение усилителя.

21. Конструкция и детали

Конструктивно прибор состоит из основания *1*, печатной платы *2* и пластинчатого радиатора *3*, на котором расположены транзисторы T_2 и T_3, диод $Д_4$, резисторы R_5—R_9 и конденсатор C_3 (рис. 68). Транзистор T_2 помещен в специальное отверстие радиатора и изолирован от него тонкой текстолитовой шайбой. Диод $Д_4$ крепится на угольнике, привернутом к радиатору двумя винтами М2. Резисторы R_5—R_9 и конденсатор C_3 припаяны к соответствующим контактным лепесткам, закрепленным на радиаторе с помощью винтов и изолированным текстолитовыми шайбами. Радиатор имеет выступ с резьбовым отверстием и винтом М3, служащий в качестве клеммы «Ш» для подключения прибора на автомобиле. Вторая клемма прибора «+» выполнена в виде Г-образной пластины, выступ которой аналогичен выступу радиатора. При установке на автомобилях «Жигули» к обеим клеммам прибора приворачивают пластинчатые латунные контакты *4*, наружные размеры которых соответствуют внутренним размерам контактных

зажимов, применяемых на автомобилях «Жигули». В этом случае клеммы «Ш» и «+» следует обозначать цифрами «67» и «15» соответственно.

Радиатор и клемму «+» крепят к основанию с помощью четырех стоек *5* и винта М4. От основания они изолированы лавсановыми прокладками и текстолитовыми втулками *6*. Диод $Д_3$ расположен в специальном приливе основания.

Основание и радиатор изготовлены из алюминиевого сплава Д1Т, что обеспечивает хороший теплоотвод для установленных на них элементов. Печатная плата из фольгированного стеклотекстолита с остальными элементами схемы расположена на четырех стойках *5*, вворачиваемых в резьбовые отверстия основания, и закреплена четырьмя винтами М3. Сверху прибор закрыт стальной

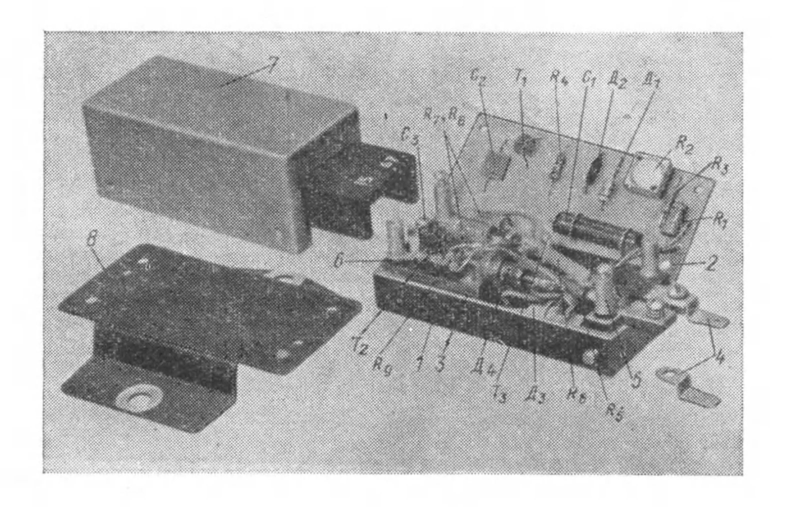


Рис. 68. Устройство электронного бесконтактного регулятора напряжения генератора переменного тока.

1 — основание; *2* — печатная плата; *3* — радиатор; *4* — контакт; *5* — стойка; *6* — втулка; *7* — крышка; *8* — кронштейн.

крышкой *7*, закрепленной четырьмя винтами М3, вворачиваемыми в резьбовые отверстия основания. При установке на автомобилях «Жигули» к крышке на двух винтах М3 крепят защитную текстолитовую скобу с гравировкой «67» и «15». Для крепления на автомобиле в основании имеются отверстия с резьбой М4. Для крепления на автомобилях «Жигули» применяют специальный кронштейн *8*.

Типы полупроводниковых приборов и номиналы элементов указаны на рис. 67. Конденсатор C_1 применен типа К-76П-1, конденсаторы C_2 и C_3 — типа КМ. Переменный резистор типа СП5-2, постоянные резисторы типа МЛТ. Могут быть также применены

элементы других типов с номиналами, указанными на схеме; при этом конденсаторы должны быть рассчитаны на напряжение не ниже 20 В.

22. Налаживание

До установки регулятора на автомобиль необходимо убедиться в его работоспособности и произвести предварительную статическую регулировку (без генератора), которая аналогична статической регулировке поддерживаемого напряжения, описанной в § 20. Однако сопротивление резистора R_1 (см. рис. 64) в данном случае должно быть равно 4—4,5 Ом, а вольтметр $ИП_2$ подключают меж-

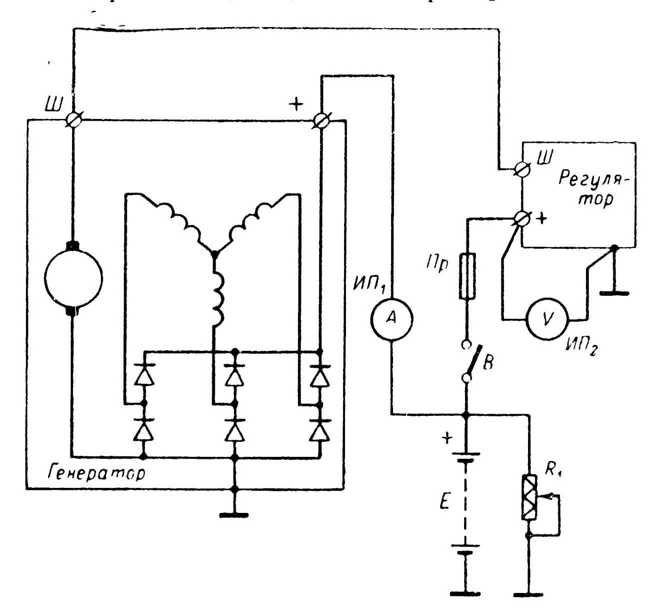


Рис. 69. Схема проверки и регулировки регулятора напряжения генератора переменного тока на автомобиле.

ду клеммой «+» и массой. Регулировку ведут с помощью переменного резистора R_2 (см. рис. 67).

Регулировку и проверку прибора на автомобиле производят по схеме рис. 69. На схеме приняты следующие обозначения: *E* — аккумулятор; *В* — контакты выключателя зажигания; *Пр* — предохранитель (имеющийся на автомобиле). Амперметр $ИП_1$, вольтметр $ИП_2$ и реостат R_1 используют те же, что и при проверке реле-регулятора генератора постоянного тока (см. рис. 66).

Особенностью проверки регулятора напряжения генератора переменного тока является то, что аккумулятор должен быть постоянно подсоединен.

Перед проверкой сопротивление реостата R_1 устанавливают максимальным. Проверку проводят при числе оборотов якоря генератора и токе нагрузки, указанных в табл. 7. При этом напряжение, контролируемое по вольтметру $ИП_2$, не должно отличаться от указанного в табл. 5 более чем на ±0,5 В. В противном случае, вращая ось переменного резистора R_1 (см. рис. 67), напряжение необходимо отрегулировать с точностью не менее ±0,2 В.

Таблица 7

Тип генератора	Устанавливается на автомобиле	Активное сопротивление обмотки возбуждения, Ом	Параметр, при котором производится регулировка (проверка)	
			Ток нагрузки, А	Число оборотов якоря, об/мин
Г-221	«Жигули»	4,5	12	5000
Г-250	«Москвич-412», «Волга» ГАЗ-24	3,7	14	3000
Г-501	«Запорожец» ЗАЗ-966В	12	10	4100

В процессе проверки и регулировки число оборотов двигателя необходимо контролировать с помощью тахометра. Ток нагрузки устанавливают с помощью реостата R_1.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТЕСТЕР

Тестер позволяет измерять напряжение в системе электрооборудования автомобиля и частоту вращения коленчатого вала двигателя, проверять правильность регулировки прерывателя и состояние пружины его подвижного контакта, проверять правильность установки угла момента зажигания и работоспособность вакуумного и центробежного регуляторов опережения зажигания. Пределы измерения напряжения 9—15 В. Пределы измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя 100—6000 об/мин.

Внешний вид тестера показан на рис. 70, а на рис. 71 приведена его принципиальная схема. Тестер собран на пяти транзисторах, пяти диодах и двух стабилитронах.

В положении *1* переключателя B_1 (U) производится измерение напряжения. Зажим *1* соединяют с корпусом автомобиля, зажим «+Е» с положительным полюсом аккумулятора, а зажим «Вход» подсоединяют к точке, где нужно измерить напряжение.

Упрощенная схема измерения напряжения показана на рис. 72. Наличие источника опорного напряжения $U_{оп}$ позволяет получить растянутую шкалу вольтметра. В качестве источника опорного напряжения используется стабилизатор на стабилитроне $Д_3$ и резисторе R_{14}. Питание стабилизатора осуществляется от выпрямителя на диоде $Д_4$ и конденсаторе C_4, выпрямляющего переменное напряжение преобразователя на транзисторах T_3 и T_4. Преобразователь собран по обычной двухтактной схеме с общим эмиттером.

Необходимость в преобразователе вызвана тем, что для измерения напряжения на растянутой шкале опорное напряжение, рав-

ное нижнему пределу шкалы (9 В), должно оставаться постоянным при падении напряжения аккумулятора ниже этого предела, а для этого к стабилизатору необходимо подводить напряжение, превышающее напряжение аккумулятора.

Начало шкалы вольтметра устанавливают с помощью потенциометра R_{11}, а калибровку производят с помощью переменного резистора R_5.

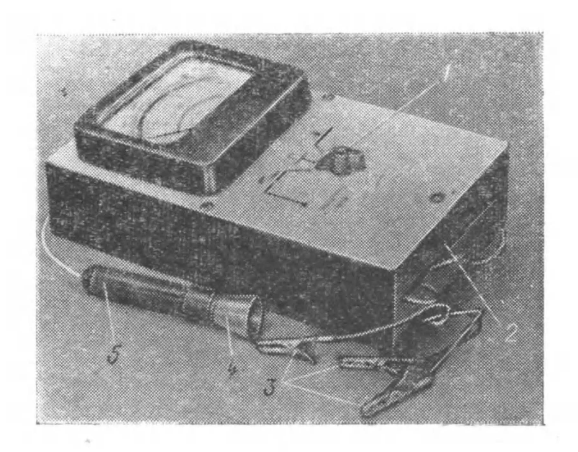


Рис. 70. Внешний вид автомобильного тестера.

1 — переключатель B_1; *2* — отсек держателя неоновой лампы $Л_1$; *3* — зажимы типа «крокодил» для подключения тестера; *4* — рефлектор; *5* — держатель неоновой лампы.

В положении *2* переключателя B_1 проверяют регулировку зазора прерывателя, состояние пружины его подвижного контакта, установку угла момента зажигания и работоспособность центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания. Зажим «Вход» подключают к подвижному контакту прерывателя, а зажимы «⊥» и «+Е» остаются подключенными соответственно к корпусу автомобиля и положительному полюсу аккумулятора.

При проверке зазора прерывателя и состояния пружины его подвижного контакта держатель неоновой лампы $Л_1$ должен находиться в пружинном отсеке корпуса прибора (см. рис. 70). В этом случае переключатель B_2 находится в положении *2* (см. рис. 71). В течение времени, когда контакты прерывателя разомкнуты, на базу транзистора T_5 через резистор R_{22} поступает положительное напряжение аккумулятора и транзистор T_5 отперт. Когда контакты прерывателя замкнуты, положительное напряжение на базу транзистора T_5 не поступает и он заперт. Поэтому напряжение на нагрузке транзистора T_6 — резисторе R_{19} во время работы двигателя представляет собой прямоугольные импульсы, частота следования которых равна частоте искрообразования в системе зажигания, а скважность определяется относительной замкнутостью контактов

прерывателя, которая при прочих равных условиях определяется величиной зазора в прерывателе.

Ток через микроамперметр $ИП_1$, подключенный в данном случае параллельно нагрузке транзистора T_5, оказывается обратно пропорциональным относительной замкнутости контактов прерывателя, и по его значению можно судить о величине зазора в прерывателе.

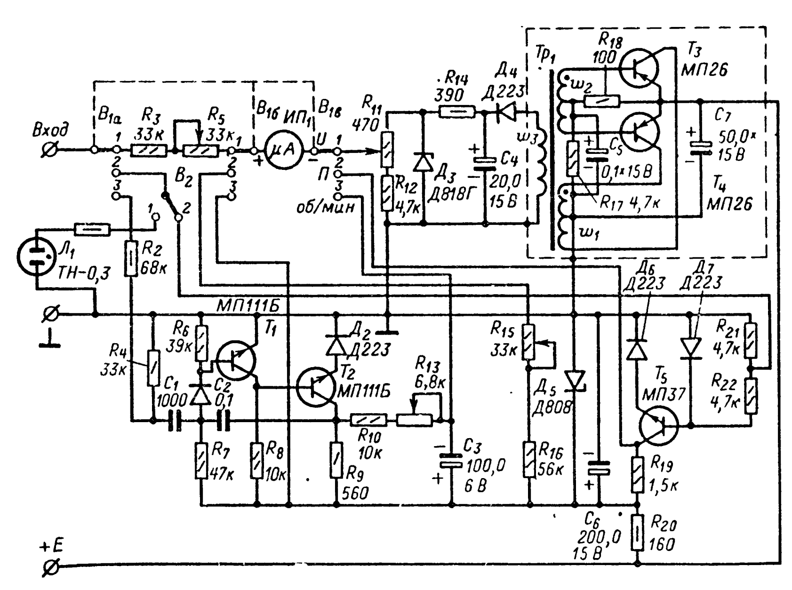


Рис. 71. Принципиальная схема автомобильного тестера.

Наблюдая за показаниями микроамперметра $ИП_1$ при увеличении числа оборотов коленчатого вала двигателя, можно судить также об упругости пружины подвижного контакта прерывателя. Если упругость пружины мала, относительная замкнутость с увеличением числа оборотов будет уменьшаться, и ток через микроамперметр — увеличиваться.

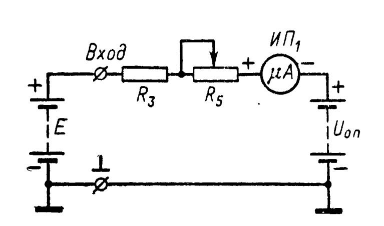


Рис. 72. Упрощенная схема измерения напряжения.

Стабилитрон $Д_5$ и резистор R_{20} обеспечивают стабилизацию амплитуды импульсов, что делает показания прибора не зависящими от колебаний напряжения питания.

Диод $Д_7$ защищает базу транзистора T_5 от отрицательных импульсов, имеющихся во входном сигнале (см. рис. 5).

Резистор R_{22} ограничивает ток базы транзистора T_5. Диод $Д_6$ обеспечивает надеж-

ное запирание транзистора T_5, когда контакты прерывателя замкнуты.

Калибровку шкалы относительной замкнутости контактов прерывателя производят с помощью переменного резистора R_{15}.

Проверку начальной установки угла момента зажигания и проверку работоспособности центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания производят стробоскопическим методом с помощью неоновой лампы $Л_1$, находящейся в специальном держателе с рефлектором. Переключатель B_2 переключается в положение *1* автоматически при вынимании держателя неоновой лампы из пружинного зажима в отсеке корпуса тестера. Вспышки неоновой лампы происходят каждый раз при размыкании контактов прерывателя (при возникновении искры). Резистор R_1 ограничивает ток через неоновую лампу.

Порядок проверки начальной установки угла момента зажигания и работоспособности центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания подробно изложен в § 10.

В положении *3* переключателя B_1 («об/мин») производят измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Зажимы прибора «⊥» и «+E» остаются подключенными соответственно к корпусу автомобиля и положительному полюсу аккумулятора, а зажим «Вход» одевается на изоляцию высоковольтного провода, идущего к распределителю от катушки зажигания (на центральный высоковольтный провод).

В качестве выходного сигнала используют отрицательные импульсы в системе зажигания двигателя. Схема измерения аналогична схеме автомобильного тахометра (см. рис. 56).

23. Конструкция и детали

Конструкция тестера может быть произвольной: необходимо лишь, чтобы он имел металлический корпус, а преобразователь напряжения был заключен в металлический экран, соединенный с корпусом. Эти требования вызваны большой чувствительностью примененного в тестере ждущего мультивибратора к различного рода помехам, а также тем, что сам преобразователь напряжения является источником помех. Один из вариантов конструкции тестера показан на рис. 70.

Постоянные резисторы могут быть любого типа с мощностью рассеяния не ниже указанной на схеме. Переменные резисторы также могут быть любого типа но обязательно с фиксированием осей. Все переменные резисторы доступа к осям снаружи тестера не имеют. Конденсаторы также могут быть любого типа.

Могут быть применены и другие транзисторы и диоды, но параметры их должны быть не хуже параметров транзисторов и диодов, указанных на схеме. Неоновая лампа $Л_1$ типа ТН-0,3.

Переключатель B_1 галетный на три положения и три направления. Ось его выводят на переднюю панель и снабжают ручкой. Положения переключателя обозначают гравировкой или краской в соответствии с обозначениями на принципиальной схеме.

В качестве переключателя B_2 может быть использован микровыключатель любого типа; он должен быть установлен в зажиме держателя неоновой лампы и переключаться при вынимании держателя из зажима. Когда держатель лампы находится в зажиме, выключатель должен находиться в положении *2*.

Микроамперметр $ИП_1$ типа М265, однако может быть применен и другой микроамперметр с током полного отклонения стрелки 100 мкА.

Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные: сердечник ОЛ12/20-6,5 из стальной ленты Э-330 толщиной 0,08 мм; обмотки намотаны проводом ПЭВ 0,1; обмотка w_1 содержит 200+200 витков; w_2 — 20+20 витков; w_3 — 260 витков.

Сердечник может быть и другого типа, например Ш-образный, однако данные обмоток в этом случае должны быть соответственно изменены [9].

24. Налаживание и градуировка

Необходимым условием быстрого налаживания тестера является предварительная проверка комплектующих деталей. Если детали исправны и схема собрана правильно, налаживание тестера не вызовет затруднений.

На зажимы «+Е» и «⊥» подают напряжение аккумулятора (12—13 В) плюсом к зажиму «+Е». При этом должен появиться характерный «писк» тона с частотой около 400 Гц, свидетельствующий об исправности преобразователя напряжения.

Если «писка» не слышно, необходимо отключить питание и проверить правильность подключения обмоток w_1 и w_2 трансформатора $Тр_1$. Начала обмоток на схеме обозначены точками. Следует проверить также исправность транзисторов T_3 и T_4.

Градуировка шкалы вольтметра. Переключатель B_1 устанавливают в положение U, движок переменного резистора R_5 — на максимум сопротивления. К зажимам прибора «Вход» и «⊥» подключают регулируемый источник постоянного тока с напряжением 9—15 В и эталонный вольтметр (класса не ниже 0,5) на напряжение 15—30 В. Положительные зажимы источника и вольтметра подсоединяют к зажиму «Вход».

По вольтметру устанавливают напряжение источника питания 9 В и, поворачивая ось потенциометра R_{11}, устанавливают стрелку прибора на отметке 9 В. Затем полностью вводят резистор R_5. Если при этом стрелка прибора сместится относительно отметки 9 В, устанавливают ее вновь резистором R_{11}. Движок переменного резистора R_5 устанавливают на максимум сопротивления. По вольтметру устанавливают напряжение источника питания 15 В и, поворачивая ось переменного резистора R_5, устанавливают стрелку прибора на отметке 15 В. Затем проверяют работу вольтметра при питании его напряжением 9 и 15 В, для чего аккумуляторную батарею отсоединяют, а зажим «Вход» соединяют с зажимом «+Е». Изменяя напряжение источника питания от 15 до 9 В, сравнивают показания эталонного вольтметра с показаниями прибора.

Градуировка шкалы относительной замкнутости контактов прерывателя. Шкалу прибора можно отградуировать либо непосредственно в относительной замкнутости контактов прерывателя, либо в относительной величине зазора прерывателя, разбив шкалу на три сектора: *зазор нормальный, зазор мал, зазор велик.*

Относительная замкнутость контактов прерывателя γ для четырехцилиндровых двигателей должна находиться в пределах от 0,40 до 0,56, что соответствует углам замкнутого состояния контактов от 36 до 50° [5]. Как меньшие, так и большие значения относительной замкнутости нежелательны, так как при этом снижается

интенсивность искрообразования. При $\gamma > 0,56$ зазор мал, вследствие чего увеличивается искрение на контактах прерывателя. При $\gamma < 0,40$ ток в первичной цепи не успевает достичь максимального значения. Поэтому сектор шкалы, соответствующий значениям γ от 0,40 до 0,56, можно обозначить *Зазор нормальный*, правую часть шкалы — *Зазор велик*, а левую часть — *Зазор мал*. Для шести- и восьмицилиндровых двигателей сектор *Зазор нормальный* должен располагаться при значениях γ от 0,62 до 0,71.

Градуировку производят следующим образом[1]. Движок переменного резистора R_{15} устанавливают на максимум сопротивления. Зажим «Вход» соединяют с зажимом «+Е». Поворачивая ось переменного резистора R_{15}, добиваются максимального отклонения стрелки прибора, соответствующего $\gamma = 0$.

Затем отсоединяют зажим «Вход» от «+Е» и соединяют его с зажимом «⊥». Стрелка прибора должна показывать нуль ($\gamma = 1$).

Градуировку следует производить при напряжении 12—13 В, а затем проверить при напряжении 10 и 14 В.

Градуировку шкалы частоты вращения коленчатого вала производят с помощью генератора импульсов, как указано в § 10. При этом переключатель B_1 должен находиться в положении *3* («об/мин»).

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛЯРНОСТИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Согласно ГОСТ 3940-71 все новые марки отечественных автомобилей должны иметь схемы электрооборудования, в которых с корпусом соединен отрицательный полюс аккумуляторной батареи (минус на массе). Однако в настоящее время в эксплуатации находится большое количество автомобилей прежних выпусков, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи, и у владельцев этих автомобилей может возникнуть необходимость в переделке (переполюсовке) схемы электрооборудования, например, при установке радиоприемника, электронного зажигания и т. п.

Для переполюсовки схемы электрооборудования необходимо произвести следующие операции:

1. Отсоединить провода от аккумуляторной батареи.
2. Перепаять (поменять местами) хомутиковые наконечники на этих проводах (кроме случаев применения аккумуляторной батареи 6-СТ-42, например, на автомобиле «Москвич-407»).
3. Поменять местами провода, подходящие к клеммам амперметра.
4. Подсоединить провода к аккумуляторной батарее.
5. Перемагнитить генератор, для чего на 2—3 с соединить между собой клеммы «Б» и «Ш» реле-регулятора (эту операцию выполняют при неработающем двигателе).
6. Проверить работу электрооборудования, для чего:

при неработающем двигателе включить дальний свет: при этом амперметр должен показывать разряд — стрелка амперметра долж-

---

[1] Более точные значения углов замкнутого состояния контактов для конкретных типов автомобилей приводятся в соответствующих справочниках и технических описаниях.

на отклоняться влево. Отклонение стрелки вправо свидетельствует о том, что провода к амперметру подключены неправильно;

запустить двигатель и увеличивать его обороты до тех пор, пока амперметр не покажет заряд — стрелка амперметра отклонится вправо. Если стрелка остается на нуле или совершает резкие броски, операцию перемагничивания генератора (см. п. 5) следует повторить, после чего снова проверить работу электрооборудования.

Хомутовые наконечники перепаивают при помощи паяльника массой не менее 0,5 кг или мощностью не менее 200 Вт. Порядок их перепайки следующий:

наконечники прогревают паяльником, после чего их отделяют от проводов;

конец стартерного провода, освобожденный от наконечника, расплющивают так, чтобы он свободно входил в предварительно расширенный паз наконечника, помеченного знаком «+», и лудят; луженый конец стартерного провода вводят в паз наконечника, зажимают в нем и припаивают;

поврежденную часть изоляции стартерного провода восстанавливают с помощью изоляционной ленты;

конец провода, идущего к массе (плетенка), освобожденный от наконечника, облуживают и вставляют в предварительно расширенную часть наконечника, помеченного знаком «—»; наконечник сжимают и припаивают к проводу.

У автомобилей «Москвич-407» с аккумуляторной батареей 6-СТ-42 наконечники перепаивать не надо, однако стартерный провод следует удлинить на 160 мм, тщательно пропаяв и изолировав места соединений.

У автомобиля «Волга» ГАЗ-21 провод от отрицательной клеммы аккумуляторной батареи соединяют с массой автомобиля посредством болта, крепящего верхнюю пружинную пластину бокового крепления радиатора к брызговику.

У автомобиля «Москвич-407» в подходящем месте крепления крыла сверлят отверстие и используют болт, которым был прикреплен прежний провод. Для обеспечения надежного контакта с массой автомобиля краску в месте крепления необходимо удалить и смазать место крепления солидолом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Акимов В. Н. и др.** Основы электрооборудования самолетов и автомашин. Учебное пособие. Под ред. А. Н. Ларионова. М., Госэнергоиздат, 1955, 384 с.

2. **Балагуров В. А.** Дугообразование на контактах в системе батарейного зажигания. — «Автомобильная и тракторная промышленность», 1953, № 10, с. 9—14.

3. **Ванеев А. И.** Влияние искрового разряда в цилиндрах на пуск карбюраторного двигателя. — «Автомобильная и тракторная промышленность», 1950, № 3, с. 3—9.

4. **Невструев Е. Н.** Электростатическое зажигание в карбюраторных двигателях. — «Автомобильная промышленность», 1962, № 1, с. 17—21.

5. **Ильин Н. М.** Электрооборудование автомобилей. М., «Транспорт», 1973, 239 с.

6. **Калантаров П. Л., Нейман Л. Р.** Теоретические основы электротехники. Ч. II. М., Госэнергоиздат, 1958, 416 с.

7. **Глезер Г. Н., Опарин И. М., Хейман Э. Л.** Электронные системы зажигания автомобилей. М., «Машиностроение», 1967, 159 с.

8. **Доброхотов Н. Г.** Полупроводниковые *p-n-p-n* переключатели. — В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение. Под ред. Я. А. Федотова. М., «Советское радио», 1967, вып. 7, с. 3—34.

9. **Киселев Л. Н.** Расчет преобразователя напряжения на транзисторах. — В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение. Под ред. Я. А. Федотова. М., «Советское радио», 1967, вып. 7, с. 275—278.

10. **Хаутен, Швейцер.** Новая система зажигания для автомобилей. — «Электроника», 1964, т. 34, № 26, с. 18—23.

11. **Синельников А., Немцев В.** Электронная система зажигания. — «Радио», 1966, № 6, с. 58—60.

12. **Синельников А., Немцев В.** Тиристорная система зажигания. — «За рулем», 1967, № 4.

13. **Мартыненко Н.** Электроника в системах зажигания автомобильных двигателей. — «Радио», 1967, № 1, с. 57, 58; № 2, с. 44, 45.

14. **Курятников А., Бельцев В.** Устройство для контроля уровня тормозной жидкости. — «Радио», 1967, № 2, с. 46.

15. **Синельников А., Немцев В.** Электронная система зажигания — ответы на вопросы читателей. — «Радио», 1967, № 3, с. 40.

16. **Алексеев Н., Прохоров В.** Универсальный измерительный прибор автомобилиста. — «Радио», 1967, № 5, с. 46.

17. **Барсуков Н., Ветчинкин А., Синельников А.** Электронные сторожа. — «Радио», 1967, № 7, с. 53.

18. **Андреев В., Эртнер В., Мельников Л.** Электронная система зажигания на транзисторах. — «Радио», 1967, № 9, с. 40.

19. **Куюков Ю.** Электронное и обычное зажигание. — «Радио», 1967, № 11, с. 62.

20. **Андреев В., Эртнер В., Мельников Л.** Многоискровая система зажигания. — «Радио», 1967, № 12, с. 34.
21. **Синельников А.** Сигнализатор превышения скорости. — «Радио», 1968, № 1, с. 42—44.
22. **Бобров Н.** Радиоприемник автолюбителя. — «Радио», 1968, № 1, с. 45—46.
23. **Вдовикин А.** Электронный измеритель уровня горючего в баке. — «Радио», 1968, № 4, с. 57, 58.
24. **Вертовский Е.** Питание электробритвы. — «Радио», 1968, № 4, с. 58.
25. **Иванов В.** Электронное оборудование мотоциклов и мотороллеров с генераторами переменного тока. — «Радио», 1968, № 2, с. 42, 43.
26. **Моргулев А. С., Сонин Е. К.** Полупроводниковые системы зажигания. М., «Энергия», 1968, 64 с.
27. **Зубов Е.** Упрощенная система зажигания. — «Радио», 1968, № 10, с. 44, 45.
28. **Автоматическое** включение электродвигателя. — «Радио», 1968, № 11, с. 59.
29. **Ксанфомалити Л.** 25 000 километров с электронным блоком. — «Радио», 1968, № 12, с. 57.
30. **Синельников А.** Бесконтактная система зажигания. — «Радио», 1969, № 1, с. 45—48.
31. **Гусев В.** Упрощенная система зажигания для мотоциклов. — «Радио», 1969, № 3, с. 24—25.
32. **Клоков С.** Зажигание с емкостным накопителем. — «Радио», 1969, № 3, с. 25.
33. **Лященко А.** Дублер работы приборов автомобиля. — «Радио», 1969, № 4, с. 51.
34. **Вардашкин А.** Пусковая система зажигания. — «Радио», 1969, № 4, с. 52.
35. **Горнушкин Ю.** Транзистор в автомобильных часах. — «Радио», 1969, № 4, с. 52.
36. **Блатс А.** Транзисторное реле указателя поворотов. — «Радио», 1969, № 6, с. 52—53.
37. **Борщев И.** Контроль уровня воды в радиаторе. — «Радио», 1969, № 7, с. 58.
38. **Ковалев В. Г.** Электронные регуляторы напряжения для автомобилей. М., «Энергия», 1971, 46 с.
39. **Электрооборудование** автомобилей (эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт). М., «Транспорт», 1968, 151 с.
40. **Справочник** по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Под ред. Н. Н. Горюнова. М., «Энергия», 1972, 567 с.
41. **Ричман П.** Физические основы полевых транзисторов с изолированным затвором. М., «Советское радио», 1971, 139 с.
42. **Синельников А. Х.** Электронные реле времени. М., «Энергия», 1973, 183 с.
43. **Каминский Я. Н., Атоян К. М.** Электрооборудование автомобилей. М., «Машиностроение», 1971, 150 с.
44. **Моргулев А. С., Сонин Е. К.** Полупроводниковые системы зажигания. М., «Энергия», 1972, 80 с.
45. **Электронная система** впрыска топлива. — «Электроника», 1969, № 22, с. 78.

46. **Электрическое** управление автоматической коробкой передач. — «Электроника», 1970, № 3, с. 63.

47. **Неблокирующиеся** тормоза с электронным управлением. — «Электроника», 1970, № 16, с. 52—53.

48. **Электроника** в японских автомобилях. — «Электроника», 1970, № 16, с. 80.

49. **Противоюзная** система тормозов автомобиля с допплеровским радиолокатором. — «Электроника», 1970, № 18, с. 76.

50. **Электроника** для средств транспорта. — «Электроника», 1970, № 19, с. 76.

51. **Электронные** системы для автомобиля фирмы «Лукас». — «Электроника», 1970, № 19, с. 94.

52. **Интегральные** схемы в автомобильной электронике. — «Электроника», 1971, № 1, с. 6.

53. **Электронные** полупроводниковые приборы в автомобиле (обзор). — «Электроника», 1971, № 10, с. 57—60.

54. **Электронная** система впрыска и чистота атмосферы. — «Электроника», 1972, № 19, с. 70.

55. **Подготовка** к выпуску системы впрыска на базе ИС. — «Электроника», 1973, № 21, с. 1—2.

56. **Индикатор** приборной панели автомобиля, предупреждающий водителя о 12 отклонениях от нормы. — «Электроника», 1974, № 3, с. 3—4.

57. **Автомобильная** РЛС для предотвращения последствий столкновения. — «Электроника», 1974, № 3, с. 35—42.

58. **Тахометр** для автомашины. — «Радио», 1972, № 9, с. 59.

59. **Комков Н.** Электронная бесконтактная система зажигания для автомобиля. — В кн.: В помощь радиолюбителю. Вып. 43. М., Изд-во ДОСААФ, 1973, с. 63—70.

60. **Ломакин Г.** Звуковой индикатор работы указателя поворотов. — В кн.: В помощь радиолюбителю. Вып. 43. М., Изд-во ДОСААФ, 1973, с. 71—72.

61. **Вознесенский А.** Устройство управления стеклоочистителем. — В кн.: В помощь радиолюбителю. Вып. 43. М., Изд-во ДОСААФ, 1973, с. 72—75.

62. **Микиртичан Г.** Переделка приемников А12 и А17. — «Радио», 1973, № 2, с. 35—37.

63. **Ломанович В., Кузьминский А.** Электронный стабилизатор напряжения генератора переменного тока. — «Радио», 1973, № 9, с. 53—55.

64. **Автомобильные** радиоприемники. — «Радио», 1974, № 2, с. 30—31.

65. **Индикатор** максимального числа оборотов. — «Радио», 1974, № 2, с. 59.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АЛЕКСАНДР ХАНАНОВИЧ СИНЕЛЬНИКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ

Редактор *С. А. Бирюков*
Редактор издательства *Г. Н. Астафуров*
Технический редактор *Н. Н. Левченко*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Корректор *В. С. Антипова*

Сдано в набор 19/IV 1976 г. Подписано к печати 27/VII 1976 г.
Т-11100 Формат 84×108$^{1}/_{32}$ Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 6,72 Уч.-изд. л. 8,42 Тираж 40 000 экз.
Зак. 570 Цена 35 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Цена 35 коп.